



ESTRATEGIAS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO TECNICO EN OBRA BAJO LA  
METODOLOGIA PMI Y LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION; CASO DE ESTUDIO:  
COMPAÑÍA D.R. CONSTRUCCIONES

NICOLAS MARTIN ACOSTA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C

AÑO 2021

ESTRATEGIAS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO TECNICO EN OBRA BAJO LA  
METODOLOGIA PMI Y LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION; CASO DE ESTUDIO:  
COMPAÑÍA D.R. CONSTRUCCIONES

NICOLAS MARTIN ACOSTA

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Obras

Docente

ISABEL CRISTINA CERON VINASCO  
Ph.D. CONSTRUCCION Y TECNOLOGIAS ARQUITECTONICAS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C

AÑO 2021



## Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia](#).

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Le licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.



**CompartirIgual** — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	3
2	GENERALIDADES	5
2.1	Línea de investigación.....	5
2.2	Planteamiento del problema.....	5
2.2.1	Antecedentes del problema .....	6
2.2.2	Pregunta de investigación .....	9
2.2.3	Variables del problema .....	10
2.3	Justificación.....	11
2.4	Objetivos .....	15
2.4.1	Objetivo general .....	15
2.4.2	Objetivos específicos .....	15
3	MARCOS DE REFERENCIA	16
3.1	Marco conceptual .....	16
3.1.1	Estrategias de control .....	17
3.1.2	Seguimiento técnico .....	18
3.1.3	Metodologías.....	18
3.2	Marco teórico .....	18
3.3	Marco geográfico .....	23
3.4	Marco demográfico .....	24
3.5	Marco legal.....	25
3.6	Estado del arte.....	26
4	METODOLOGÍA	32
4.1	Fases del trabajo de grado .....	32
4.2	Instrumentos o herramientas utilizadas.....	33
4.3	Población y muestra .....	34
4.4	Alcances y limitaciones.....	34
4.4.1	Alcance.....	34
4.4.2	Limitaciones.....	35
4.5	Documentos a entregar.....	35
4.6	Cronograma.....	35
4.7	Presupuesto .....	37

5	DESARROLLO DE LA METODOLOGIA	38
5.1	Fase 1 .....	38
5.1.1	Clasificación de herramientas LEAN y PMBOK aplicables a empresas PYMES 38	
5.1.2	Evaluación y selección de las herramientas anteriormente clasificadas. ....	41
5.1.3	Análisis de las herramientas expuestas en la guía PMBOK y la filosofía Lean construction. ....	46
5.1.3.1	ETAPA 0. Diagnóstico y evaluación.....	46
5.1.3.2	ETAPA 1. Planeación.....	48
5.1.3.3	ETAPA 2. Ejecución.....	55
5.1.3.3.1	ETAPA 3. Control .....	62
5.1.3.4	ETAPA 4. Cierre.....	69
5.1.3.5	ETAPA 5. Plan de mejoramiento .....	70
5.2	Fase 2 .....	72
5.2.1	Estudio de la empresa D.R. Construcciones .....	72
5.2.2	Creación de estrategias de seguimiento y control de obra. ....	77
5.2.2.1	Estrategias y herramientas en fase de ejecución y control.....	78
5.2.2.1.1	Gestionar los interesados .....	81
5.2.2.1.2	Gestionar los recursos .....	84
5.2.2.1.3	Control de calidad.....	87
5.2.2.1.4	Control de recursos .....	88
5.2.2.1.5	Control triada .....	89
5.2.2.1.6	5'S.....	92
5.2.2.1.7	Control de cambios .....	92
5.2.2.1.8	Validar el alcance.....	92
5.2.2.1.9	Informes de desempeño .....	93
5.2.2.1.10	Cierre .....	94
5.2.2.1.11	Plan de mejoramiento .....	94
5.3	Fase 3 .....	96
5.3.1	Implementación de estrategias dentro de un caso de estudio.....	96
5.3.2	Implementación de herramientas en el caso de estudio. ....	100
5.3.3	Análisis de los resultados .....	127
5.3.4	Estrategias de comunicación.....	128
6	CONCLUSIONES	129

7	NUEVAS ÁREAS DE INVESTIGACIÓN	133
8	BIBLIOGRAFÍA	134
9	ANEXOS	136

## LISTA DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1 DIAGRAMA DE CONCEPTOS .....	16
ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PMBOK .....	20
ILUSTRACIÓN 3 ESTRUCTURA LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM .....	21
ILUSTRACIÓN 4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	23
ILUSTRACIÓN 5 CONCEPTO PMI Y LEAN CONTRUCTION SEGÚN LA EMPRESA LOGIK PLAN ..	29
ILUSTRACIÓN 6 ESQUEMA DE GERENCIA DE PROYECTOS EMPRESA LOGIK PLAN CHILE .....	30
ILUSTRACIÓN 7 DIAGNOSTICO LEAN .....	47
ILUSTRACIÓN 8 RECOPIACIÓN DE REQUISITOS.....	50
ILUSTRACIÓN 9 DIAGNOSTICO LEAN .....	52
ILUSTRACIÓN 10 ENTRADAS, HERRAMIENTAS Y SALIDAS PARA CREAR UNA EDT.....	53
ILUSTRACIÓN 11 EJEMPLO DE UNA EDT/WBS .....	54
ILUSTRACIÓN 12 DESCRIPCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE INTERESADOS .....	57
ILUSTRACIÓN 13 ETAPAS DE LAS 5`S. ....	59
ILUSTRACIÓN 14 ENTRADAS Y SALIDAS LA GESTIÓN DE CALIDAD.....	60
ILUSTRACIÓN 15 ENTRADAS Y SALIDAS ADQUIRIR RECURSOS. ....	61
ILUSTRACIÓN 16 ENTRADAS, SALIDAS Y HERRAMIENTAS DE MONITOREAR Y CONTROLAR EL PROYECTO. ....	63
ILUSTRACIÓN 17 ENTRADAS, SALIDAS Y HERRAMIENTAS DE MONITOREAR Y CONTROLAR EL PROYECTO. ....	66
ILUSTRACIÓN 18 GESTIONAR LA CALIDAD, ENTRADAS SALIDAS Y HERRAMIENTAS.....	66
ILUSTRACIÓN 19 CONTROL DE RECURSOS, ENTRADAS Y SALIDAS .....	67
ILUSTRACIÓN 20 CONTROL INTEGRADO DE CAMBIO, ENTRADAS Y SALIDAS.....	68
ILUSTRACIÓN 21 CICLO DE SHEWHART .....	71
ILUSTRACIÓN 22 METODOLOGÍA DE LA ENCUESTA .....	72
ILUSTRACIÓN 23 FLUJOGRAMA DE METODOLOGÍA.....	79
ILUSTRACIÓN 24 FLUJOGRAMA DE GESTIÓN DE RECURSOS .....	85
ILUSTRACIÓN 25 ENTRADAS Y SALIDAS ADQUIRIR RECURSOS. ....	86
ILUSTRACIÓN 26 LÍNEA DE TIEMPO OBRA.....	98
ILUSTRACIÓN 27 WORKFLOW ANÁLISIS A IMPLEMENTAR .....	100
ILUSTRACIÓN 28 ACTA DE APERTURA DE OBRA .....	102
ILUSTRACIÓN 29 EJEMPLO BASE DE DATOS DE MATERIAL .....	107
ILUSTRACIÓN 30 CARTA DE BALANCE.....	109
ILUSTRACIÓN 31 SOPORTE CARTA DE BALANCE.....	110
ILUSTRACIÓN 32 ACTA DE CAMBIOS .....	122
ILUSTRACIÓN 33 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE OBRA .....	124
ILUSTRACIÓN 34 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE OBRA .....	124
ILUSTRACIÓN 35 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE OBRA .....	124
ILUSTRACIÓN 36 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE OBRA .....	124
ILUSTRACIÓN 37 ACTA DE LECCIONES APRENDIDAS .....	126

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 RESULTADO DE LOS PROYECTOS CON RESPECTO AL PMI.....	12
TABLA 2 RESULTADO DE LOS PROYECTOS CON UNA PMO ALINEADA .....	13
TABLA 3 LEYES Y NORMAS .....	25
TABLA 4 COMPARACIÓN PMBOK Y LEAN CONSTRUCTION .....	27
TABLA 5 HERRAMIENTAS LEAN Y PMI PARA GERENCIA DE PROYECTOS.....	31
TABLA 6 ACTIVIDADES DEL CRONOGRAMA.....	35
TABLA 7 CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES POR SEMANA.....	36
TABLA 8 PRESUPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
TABLA 9 CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS.....	40
TABLA 10 CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	41
TABLA 11 PORCENTAJE DE RELEVANCIA DE CRITERIOS. ....	42
TABLA 12 EVALUACIÓN PMBOK.....	42
TABLA 13 EVALUACIÓN LEAN .....	43
TABLA 14 CLASIFICACIÓN DE DESPERDICIOS .....	55
TABLA 15 ENTRADAS Y SALIDAS DE DIRIGIR Y GESTIONAR EL TRABAJO DEL PROYECTO.....	56
TABLA 16 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES .....	75
TABLA 17 CANTIDADES DE OBRA.....	97
TABLA 18 EJEMPLO BASE DE DATOS DE MATERIAL .....	105
TABLA 19 BASE DE DATOS MATERIAL .....	112
TABLA 20 ANÁLISIS DE CONSUMO .....	112
TABLA 21 PORCENTAJES DE AVANCE.....	114
TABLA 22 BASE DE DATOS DE CANTIDADES Y ESTRUCTURA CONSTRUCTIVA .....	115
TABLA 23 TABLA DE PORCENTAJES DE AVANCE DE OBRA. ....	116
TABLA 24 CALCULO DE TIEMPOS .....	118
TABLA 25 LAST PLANNER.....	119
TABLA 26 PORCENTAJES DE ACEPTACIÓN .....	120

## 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el sector de la construcción está constituido en su mayoría por empresas pequeñas y medianas, estas prestan servicios a las grandes constructoras o generan proyectos de baja o mediana envergadura, asimismo la industria de la construcción representa un porcentaje significativo en el producto interno de la nación, es por esta razón que despierta las alarmas de la industria la caída de este factor en los últimos años, debido a esto se genera un afán en los profesionales para especializarse y adquirir diferentes conocimientos con respecto a la gerencia de proyectos que cada día empiezan a ser más solicitados dentro del sector de la construcción, por otro lado las Pymes generalmente no aplican ningún tipo de herramientas gerenciales certificadas en sus proyectos, dado que su crecimiento se da de acuerdo a la experiencia adquirida a través de la ejecución de proyectos generando muchas veces el cierre, baja competitividad y pérdidas económicas por malos manejos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente documento presenta un análisis entre la metodología PMBOK la cual se encuentra ya hace varios años en la industria y la filosofía Lean Construcción que ha tenido un gran auge y acogida en el sector en los últimos años, a partir de estas dos metodologías se busca una integración que mejore el seguimiento y control de obras en las empresas pymes, esto para mejorar los rendimientos, calidad y utilidad exaltando la competitividad de las mismas en el mercado.

Esta investigación se soportó en la compañía D.R. Construcciones ubicada en la ciudad de

Bogotá, realizando un análisis de la compañía sobre la herramienta Diagnóstico Lean para determinar el estado actual de la compañía y establecer las acciones a seguir con respecto a la ejecución de obras, para luego generar las estrategias de seguimiento y control de obras basadas en el PMBOK y la filosofía Lean aplicables a esta compañía la cual se cataloga como Pyme.

## **2 GENERALIDADES**

### **2.1 Línea de investigación**

Gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales.

### **2.2 Planteamiento del problema**

Las pequeñas y medianas empresas generan la mayor parte de empleo del país, esto con base en el artículo denominado “Ranking de las mayores Pymes del país” realizado por la revista Dinero en la sección Negocios en el año 2019 donde estipula lo siguiente, las Pymes generan el 78.2% del empleo nacional, un gran contraste comparándolo con el empleo que generan las grandes empresas, de igual manera estas presentan la mayor cantidad de obstáculos desde el punto de vista financiero y administrativo para llegar a ser realmente competitivas, y de esta manera lo resalta el mismo artículo comparando el crecimiento anual de las pequeñas y medianas empresas colombianas con las de otros países ya que son muy pocas empresas las que alcanzan un crecimiento anual del más del 20% debido a factores logísticos y administrativos, pues de acuerdo con Flechas Villamil en el mismo artículo estas empresas se dedican a vivir el día a día sin generar planificaciones a largo plazo, estos mismos problemas se generan en las Pymes dedicadas a la construcción donde los gerentes poseen la idea general de a donde quieren llevar sus empresas pero esta misma visión no la tienen sus empleados [1], debido a lo anterior empresas como D.R. Construcciones con 16 años de experiencia en la industria de la construcción es una empresa estable que si mejora sus procesos en la ejecución de obras puede crecer formidablemente siendo más competitiva en el mercado no solo frente a sus clientes si no a otras empresas del sector que prestan los

mismos servicios viendo reflejado todo lo anterior en su crecimiento anual.

### **2.3 Antecedentes del problema**

Históricamente el sector de la construcción se ha caracterizado por estar dentro de los índices de crecimiento global, siendo esta industria una de las más aportantes en el incremento de la economía, pese a esto, la economía no creció en el 2019 como se esperaba en Colombia, según el diario la republica el año anterior la tasa de desarrollo fue del 0.9% y en Latino América el crecimiento fue de tan solo el 0.5% [2], esto refleja un deterioro en el incremento de la economía viéndose reflejado estos porcentajes en el crecimiento de la construcción con respecto a años anteriores.

Lo anterior se ve reflejado también en Colombia, el producto interno bruto (PIB) siempre ha tenido buena participación de la industria de la construcción, pero en los últimos años estos valores han decrecido generando alarma entre los sectores económicos, esto debido a que según la información recolectada por la sección Portafolio del diario El Tiempo la construcción con respecto al PIB en el año 2017 cerro en -2%, en el 2018 fue de -0.4% y para el año 2019 cerro en -1.3% [3], esta desaceleración se debe a políticas externas y malos manejos administrativos internamente en el país con respecto al gremio de la construcción, en un país donde unos de sus pilares económicos y una de las industrias que más genera empleo desacelera tan dramáticamente en pocos años, valdrá la pena preguntarse ¿qué medidas se deben tomar?, ¿porque? Y ¿cómo se debe actuar para mejorar significativamente en este sector?

En el país se reconocen las grandes constructoras como la base de la industria de la construcción sin que sobresalga la gran importancia que tienen las pequeñas y medianas empresas, estas empresas son tan importantes que según el periódico el espectador en su artículo “*¿Cuál es la mayor preocupación de las pymes? La competitividad*” del año 2018 expresa que el 35% del PIB es generado por las empresas pequeñas y medianas [4], de ahora en adelante (pymes) clasificadas y reglamentadas en la ley 590 del año 2.000 y las modificaciones en la ley 905 de 2.004 conocida como la ley mipymes [5].

En este sentido y tal como lo resalta la revista Dinero, el 80% de las empresas del sector de la construcción son catalogadas como PYMES, en este estudio realizado en el año 2012 alrededor de 1.712 empresas de construcción reportaron estados financieros, de estas empresas 938 realizaban actividades inmobiliarias y 774 actividades de construcción de obras residenciales y no residenciales, de igual forma la revista destaca que el 54% de estas industrias se encuentran localizadas en Bogotá;13% en Antioquia; 8 % en el Valle;6% Atlántico y finalmente Santander con 4%, demostrando la gran concentración de industria constructora en la capital del país creando altos índices de competencia en el sector. Con respecto a los datos anteriores la revista dinero destaca que 805 compañías de las 1.712 anteriormente mencionadas que corresponden al 47% son medianas empresas con ingresos semejantes a un valor de \$1.9 billones, por otro lado, y con respecto a la misma media, las pequeñas empresas que equivalen al 35% es decir 593 compañías son productoras de 6% de los ingresos del sector con un valor de 429.370 millones de pesos [6].

A partir de esta información se genera una gran preocupación por la pérdida de estas compañías por su impacto en la economía nacional, esto debido a que las grandes constructoras subcontratan los servicios de las PYMES para realizar actividades de la gran mayoría de sus grandes proyectos. Por otra parte y conforme a la información compilada por la Universidad Externado de Colombia en su blog de derecho de los negocios, se indica que en el año 2018 alrededor de 48.052 compañías cerraron su puertas siendo Bogotá una de las principales ciudades donde ocurrió este fenómeno [7], por otro lado el diario el tiempo en la sección portafolio en su artículo *“En Colombia se crearon 328.237 empresas”* en 2018 se identifica al sector de la construcción fue uno de los mayores aportantes a los índices de cancelación de sociedades durante el año 2018 [8], a partir de estas premisas el blog de la Universidad Externado concluye que los principales motivos por los cuales las empresas cierran sus puertas son debido a: el alto endeudamiento con entidades financieras, mala gestión financiera y mal control administrativo, en otras palabras por falta de conocimiento de gestión empresarial [7].

Es por estas razones que se hace imperativo generar nuevas estrategias gerenciales dentro de las PYMES, pues el mundo globalizado exige cada día empresas más capacitadas y especializadas en su campo, y dado que en Colombia la mayoría de empresas pequeñas y medianas crecen debido a su experiencia y no a conocimientos y capacitaciones para crecer en el sector de la construcción amoldándose a los requerimientos actuales, además de malos manejos en materiales, tiempos muertos, falta de personal capacitado, falta de comunicación y funciones claras y pérdidas por malas decisiones se generan cierre de compañías debido a su baja competitividad en el mercado.

Daniel Rodríguez Construcciones de ahora en adelante conocida como (D.R. Construcciones) es una empresa radicada en Bogotá desde el año 2.006, cuyo enfoque es prestar servicios de ingeniería y arquitectura, gerencia y construcción de proyectos de obra civil, además de mantenimientos de inmuebles empresariales. En un encuentro con el gerente de proyectos enfatizo que algunas de las falencias que suelen presentarse y que se traducen en pérdidas económicas son debido a el desperdicio en materiales, el mal cálculo en solicitudes de los mismos, almacenamiento inapropiado, obtención de resultados no deseados, contratación de personal no calificado y/o falta de estándares durante los cortes de obra.

Actualmente a nivel internacional existen diferentes metodologías orientadas a mejorar la eficiencia de proyectos en particular la construcción sin embargo, en Colombia estas metodologías no son suficientemente conocidas debido a que las empresas no cuentan con los conocimientos y/o los profesionales capacitados en estas áreas, entre estas metodologías se identifican la guía PMBOK y la filosofía Lean construction las cuales son alternativas de gerencia que se deberían estar implementado en las PYMES, la finalidad de los dos métodos en estudio son los mismos, mejorar exponencialmente los procesos administrativos y de ejecución en proyectos, aunque cada uno maneje enfoques diferentes.

### 2.3.1 Pregunta de investigación

Considerando todo lo anterior se puede establecer la siguiente pregunta: ¿Cuáles serían las estrategias que fusionen la metodología del PMBOK y la filosofía Lean Cosntruction con el

objeto de tener un mayor control durante el proceso constructivo y así reducir errores y procesos que generen pérdidas a las PYMES? específicamente para la empresa DR construcciones.

### 2.3.2 Variables del problema

#### **Variable dependiente**

1. Rendimiento en términos de utilidad en las obras de construcción.

2. Calidad en las obras

#### **Variable independiente**

Utilidad/calidad

1. Análisis de Precios Unitarios (APUS): Es el resultado del estudio en costo de una actividad específica.
2. Contratación de personal: Características de los contratos realizados entre la empresa y la mano de obra, directa o indirecta.
3. Programaciones: Tiempos estimados para las actividades a realizar en un proyecto determinado.
4. Cortes de obra: Es el levantamiento técnico de avance de obra en unidades de medida y calidad para realizar el pago de dicho avance a el personal contratado.
5. Control de obra: Son la ejecución de herramientas gerenciales para el óptimo desarrollo de la obra, junto al desarrollo de comités y reuniones.

Materiales

1. Adquisición de materiales: Proceso de investigación por el cual se busca la mejor opción de compra de un material en específico, teniendo en tiempos de entrega, precio

y calidad.

2. Almacenamiento de materiales: Acopio del material adquirido ya sea directamente en la obra o en algún sitio en específico.
3. Transporte de material: Movimiento de material ya sea realizado por la propia empresa o por el proveedor del material.
4. Trasiegos: Traslado de un material de un punto a otro manualmente.
5. Uso adecuado: Se refiere al análisis del material según sus dimensiones y para qué va a ser empleado.

#### Ejecución de obra

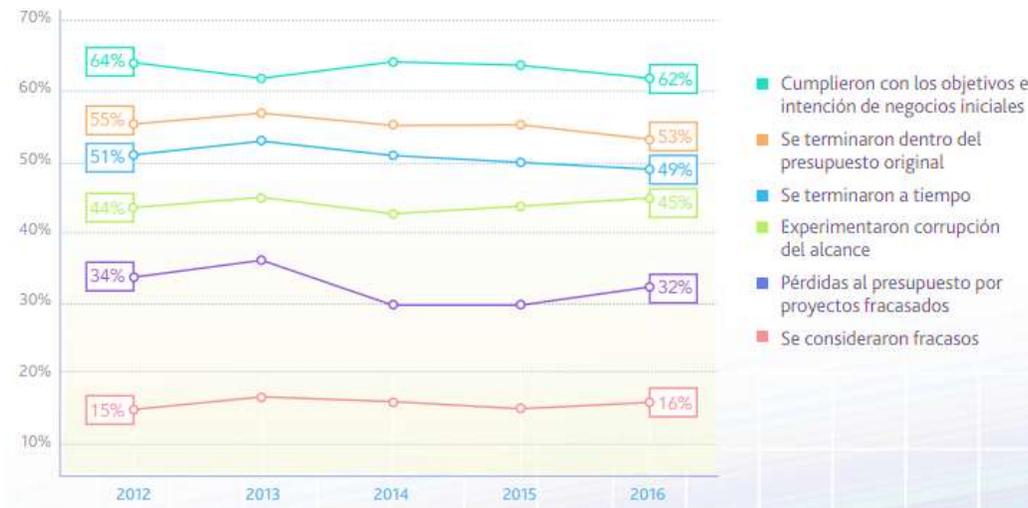
1. Perdidas: Son todas las actividades tienen un costo y no generan ningún valor al producto a entregar.
2. Trabajo Productivo (TP): Son las actividades que generan aportes directos a la producción del producto final.
3. Trabajo contributivo (TC): Labores de apoyo que se deben realizar para que una labor productiva pueda ser ejecutada.
4. Trabajo no contributivo (TNC): Actividades que no generan ningún valor al producto y en cambio se ve reflejado como pérdidas.

## **2.4 Justificación**

Globalmente se ha demostrado que implementar estas metodologías mejora de forma dramática los productos a entregar de las compañías, además de las ganancias, reduciendo la cantidad de desperdicios que es una de las características negativas que presenta el sector de la construcción, de acuerdo con la encuesta mundial sobre la dirección de proyectos

realizada por el Project management Institute o (PMI) se muestra la tendencia a continuar realizando proyectos de la forma tradicional no obteniendo resultados deseados, por tales razones se hace imperativo el conocer herramientas como lean construcción y la guía PMBOK [9]

Tabla 1 Resultado de los proyectos con respecto al PMI.



Fuente: PMI's Pulse of the profession (PMI)

Actualmente, se ha trabajado fuertemente en cambiar la mentalidad de los empresarios para que implementen este tipo de metodologías, con respecto al mismo documento se ha demostrado que las empresas que emplean estas metodologías cuentan con un 71% de proyectos que cumplen con los objetivos trazados en comparación de las empresas que siguen con los procesos tradicionales las cuales cumplen con un 52% de proyectos realmente exitosos, de igual forma se muestran los resultados de empresas que posee una alta y baja alineación en las estrategias organizacionales enfocadas en una Project Management Office

(PMO)<sup>1</sup>(Project Management Institute, 2016). Lo que nos deja una clara ventaja de lo que representa trabajar desde una o varias metodologías de gerencia para impulsar drásticamente los valores de las compañías a números positivos, todo esto analizado desde el panorama mundial.

Puesto que la globalización requiere de un movimiento en conjunto de todas las empresas y más de un gremio como la construcción que se encuentra fragmentado alrededor del mundo ya que cada país maneja estándares diferentes, estas metodologías nos ofrecen la forma de estandarizar los canales de comunicación y optimizar las formas de gerenciar proyectos alrededor del mundo para así mejorar la productividad de esta actividad que genera gran desgaste en cuanto a tiempo, costos y materiales viéndose esto reflejado en la calidad de los productos a entregar.

Tabla 2 Resultado de los proyectos con una PMO alineada



Fuente: PMI's Pulse of the profession (PMI)

<sup>1</sup> PMO oficina de dirección de proyectos en sus siglas en ingles, esta se define en el PMBOK como la estructura encargada de estandarizar los procesos relacionados con los proyectos, haciendo más fácil compartir los recurso, técnicas, metodologías y herramientas.

Dado que las exigencias laborales y la competencia en el sector de la construcción se ha ido incrementando, más profesionales en arquitectura e ingeniería buscan adquirir conocimientos en gerencia de proyectos, en especial instruirse en metodologías gerenciales las cuales han tenido un incremento a la hora de las empresas buscar personal profesional, de acuerdo con la Universidad externado de Colombia hay más de 833 mil profesionales certificados como Project Management Professional (PMP) de los cuales 5 mil se encuentran en Colombia [10], esto demuestra el interés de los profesionales por adquirir este tipo de conocimientos los cuales se deben aplicar no solo en las grandes compañías si no también en las pequeñas y medianas empresas este tipo de cargos y conocimientos, en el año 2015 la sección Portafolio de el diario el Tiempo realizo un artículo donde evidencio la llegada de Lauri Koskela, Fundador de la metodología Lean Construction (Construcción sin perdidas), esta organización reconoció 18 empresas colombianas como líderes en la ejecución de proyectos constructivos bajo la metodología Lean [11], esto demuestra un avance en la inserción de estas metodologías en el sector de la construcción, pero se debe avanzar a pasos agigantados en este tema para mejorar la industria y sus resultados.

De igual forma la Universidad católica de Colombia en la formación de profesionales especializados en gerencia de obras imparte no solo el conocimiento necesario para este fin, si no que funda en los nuevos especialistas el deseo de generar ideas propositivas a los inconvenientes que se ven en la industria dentro del país, razón por la cual es un enfoque primordial dentro de este documento encaminar la investigación y las propuestas hacia las PYMES, utilizando las herramientas dadas desde la Universidad proponiendo la gerencia de proyectos a través de dos metodologías con el ámbito de incentivar la investigación en el

marco de la proposición del mejoramiento de los conocimientos que actualmente se encuentran en la industria de la construcción.

Dados los conocimientos anteriores, es tema de este proyecto de investigación el desarrollar estrategias de control técnico en obra basadas en la guía PMBOK y herramientas de la filosofía Lean Construction enfocadas hacia las PYMES, esto con el fin de mejorar drásticamente el manejo en campo que se tienen de las obras desde el seguimiento en la parte administrativa hasta el control en la ejecución de obras, en este caso en particular en la empresa D.R. construcciones, con el fin de mejorar los procesos actuales que tiene la compañía, optimizando los recursos, reduciendo pérdidas y convirtiéndola en una empresa con mejores resultados en el sector de la construcción elevando su competitividad en el medio.

## **2.5 Objetivos**

### **2.5.1 Objetivo general**

Proponer un procedimiento estratégico apoyado en el PMI y la filosofía Lean Construcción orientado hacia las PYMES, en particular la empresa D.R. Construcciones para el seguimiento y control de obras.

### **2.5.2 Objetivos específicos**

- Documentar como se realizará la implementación de los procedimientos estratégicos dentro de la compañía D.R. Construcciones.
- Analizar y determinar que instrumentos dentro de la Filosofía Lean construction y PMI pueden ser aplicados a las PYMES, caso en particular D.R. Construcciones.

- Vincular conceptos que fundamentan la filosofía Lean Construction y la metodología del PMI dentro de los procedimientos estratégicos.
- Validar las estrategias dentro de un caso de estudio.

### 3 MARCOS DE REFERENCIA

#### 3.1 Marco conceptual

Este proyecto se ha conceptualizado a partir del eje central de la investigación.

*Ilustración 1 Diagrama de conceptos*



*Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.1 Estrategias de control

El significado de estrategia tiene su origen en la milicia, es por esto que la RAE <sup>2</sup> la define como el arte de dirigir operaciones militares [12], teniendo en cuenta este concepto y que el PMBOK ( Project Management Book Of Knowledge)<sup>3</sup> define el control como la balance que se realiza entre el desempeño real y desempeño planificado, observar las variaciones, valorar las tendencias y de esta manera realizar ajustes los procesos analizando las alternativas posibles y de igual forma sugerir las acciones convenientes según el caso [13]. De una forma similar se refiere Juan Felipe Pons Achell en su libro introducción a Lean Construction, en este explica que el control en Lean se rediseña y enfoca en hacer que las cosas pasen y no a simplemente monitorear los resultados, haciendo que los rendimientos de los sistemas de planificación y control se midan y mejoren.

Las anteriores definiciones claramente son un cambio a las estrategias tradicionales de control, con los conceptos dados anteriormente se puede concluir a las estrategias de control como el dirigir los procesos a que haya lugar por medio de mediciones estadísticas, las cuales nos arrojaran unos resultados que se deben analizar para realizar los cambios necesarios,

---

<sup>2</sup> RAE es la sigla correspondiente a Real Academia Española, una institución con personalidad jurídica propia que tiene como misión principal velar por que los cambios que experimente la lengua española.

<sup>3</sup> PMBOK son las siglas de Project Management Body Of Knowledge, la cual es una guía desarrollada por el Project Management Institute o PMI para el manejo y gestión de proyectos.

ajustar y/o mejorar el rendimiento de dichos procesos.

### 3.1.2 Seguimiento técnico

De muchos de los conceptos dados a través de la Guía PMBOK se puede definir seguimiento como la actividad de supervisión de uno o varios procesos, con el propósito de garantizar que las actividades se desenvuelvan como se encuentran diseñadas [13], según la anterior definición el seguimiento técnico se daría en el marco de la correcta ejecución, instalación y desarrollo de un producto en particular, ajustando los estándares de entrega a las necesidades de la normativa vigente y los requerimientos de los clientes.

### 3.1.3 Metodologías

La metodología al igual que varios de los conceptos anteriormente mencionados se encuentra definida dentro de la guía PEMBOK y se repite interminablemente dentro del campo laboral y de investigación de la gerencia de proyectos, esto debido a que esta palabra define la guía, enfoques, prácticas, herramientas y fuentes de datos que se utilizarán para alcanzar el objetivo determinado dentro del proyecto, razón por la cual se convierte en un eje fundamental no solo dentro de la presente investigación sino dentro de la industria de la ingeniería y la arquitectura.

## 3.2 Marco teórico

El eje de esta investigación se centra en el mejoramiento de los procesos de seguimiento y control de proyectos durante la fase de ejecución de obras de construcción, dado esta premisa se realiza la base de esta investigación bajo dos metodologías reconocidas a nivel mundial

por sus aportes positivos y comprobados a través de la historia como métodos funcionales para la planeación, ejecución, control y seguimiento de proyectos, estas metodologías comparte herramientas las cuales se pueden integrar para mejorarse entre sí y llegar a resultados mejores, estas metodologías son la Guía PMBOK realizada por el Project Management Institute y la Filosofía Lean Construcción tomada como base de la compañía Toyota e introducida por el profesor finlandés Lauri Koskela al sector de la construcción.

De acuerdo a las metodologías bases para la realización de esta investigación se es pertinente describir a continuación el enfoque principal de cada una de estas y exponer el caso de como llegan a complementarse entre sí.

El PMI<sup>4</sup> define al PMBOK como los fundamentos para la dirección de proyectos los cuales incluyen practicas históricamente comprobadas y utilizadas, de igual forma se actualiza periódicamente con procesos innovadores y emergentes dentro de las profesiones involucradas, todos estos fundamentos se identifican dentro de la guía PMBOK como buenas prácticas para la gerencia de proyectos [13], de igual forma investigadores en el campo han determinado a la guía como una metodología con limitantes o ciertos vacíos, es el caso de la investigación realizada en los modelos de gestión de proyectos por el Ing. José Manuel Sánchez-Losada para la revista de ingeniería DYNA en donde expone que la guía presta bastante atención a los procesos de planificación suponiendo que esos procesos estén correctos sin tener mucho en cuenta las variables que todo proyecto de construcción posee

---

<sup>4</sup> PMI son las siglas del Project Management Institute, promueve la práctica de gerencia de dirección de proyectos en todo el mundo, y es el creador de la guía PMBOK.

en su ejecución, aclarando de igual forma que si bien deja abierta la posibilidad a verse afectado por los imprevistos una buena planificación ayuda a reducirlos [14].

La guía PMBOK se presenta su estructura de la siguiente manera:

*Ilustración 2 Estructura PMBOK*



*Fuente: Elaboración propia*

En cuanto a la filosofía Lean Construcción, es una metodología que lleva varios años en el mercado teniendo sus bases en el Lean manufacturing el cual tiene sus raíces en la empresa Toyota, Lauri Koskela lo introdujo Lean a la industria de la construcción en el año de 1992, De acuerdo con Lean Construction Journal (LCJ) el cual en el 2005 publicó un artículo llamado *“Site implementation and assessment of lean construction techniques”* en el cual se define a la metodología Lean como el entendimiento de la construcción a manera de producción, basándose en sus principales lineamientos que son reducir los desperdicios en términos de costo y tiempo en actividades que no generan valor al producto final ni al cliente, de igual

forma indica que la ejecución, operación y planificación son las categorías principales que resaltan la diferencia entre la producción y la construcción [15].

La filosofía Lean consiste en una serie de métodos y herramientas el cual tiene como objetivo entregar al cliente un producto que cumpla con las necesidades requeridas, Glenn Ballard & Gregory Howell citan a Koskela en su artículo “*Lean Project management*” donde define tres objetivos fundamentales en los sistemas de producción como lo son Entregar el producto, Maximizar el valor y minimizar el desperdicio, igualmente este artículo define el LPDS (Lean Project Delivery System) el cual se representa en el siguiente gráfico [16].

Ilustración 3 Estructura Lean Project Delivery System



Fuente: Tomada de Lean construction Institute.

Glenn Ballard & Gregory Howell en 1997 fundan el Lean Construction Institute y desarrollan el LPDS el cual se encuentra estructurado en 12 módulos asociados en 5 fases como los son:

1. Definición del proyecto
2. Diseño Lean

3. Suministro
4. Ensamble
5. Uso

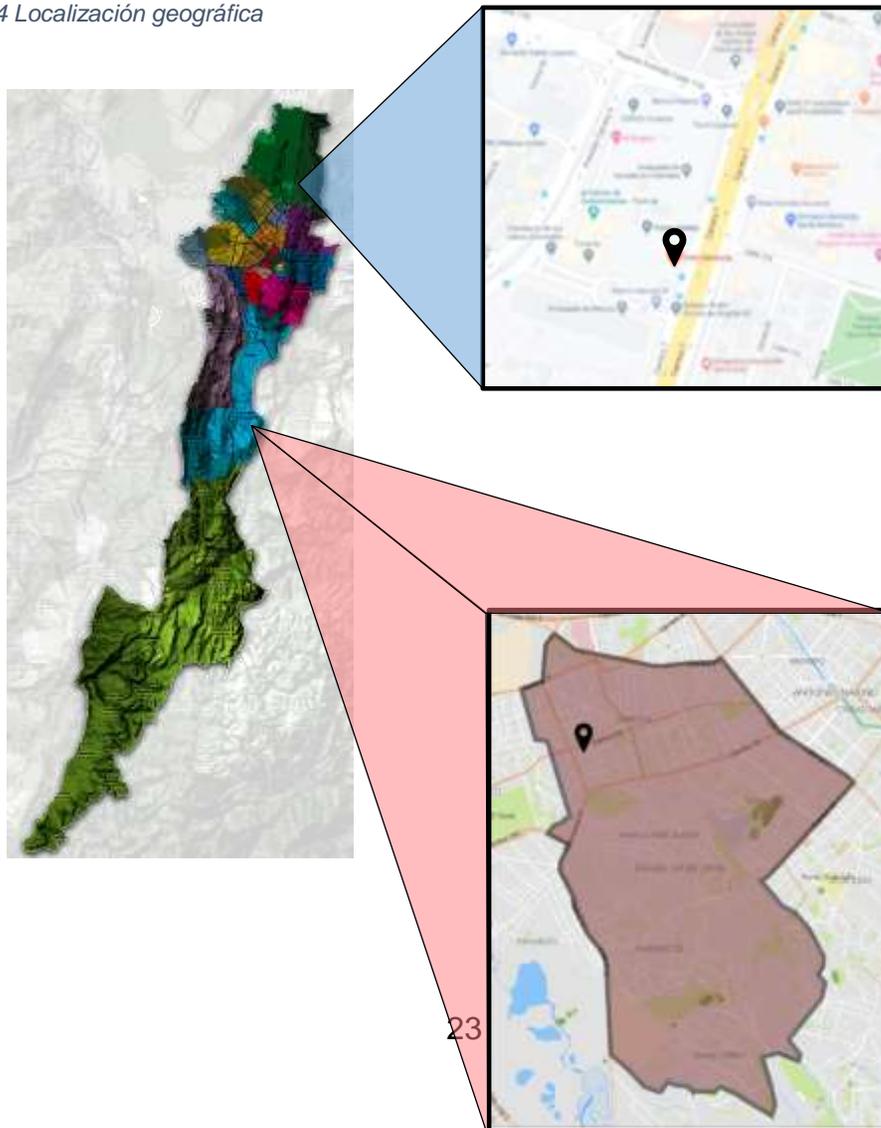
Estas 5 fases abarcan los procesos de control de producción y estructuración del trabajo, en todas estas etapas se encuentra un concepto de gran importancia el cual se denomina el ciclo de aprendizaje, este concepto es ampliamente mencionado ya que esta metodología siempre busca mejorar, ajustar y aprender cuando se detecta la oportunidad de hacerlo (Ballard and Howell Gregory, 2003).

De igual manera en el mismo artículo anteriormente mencionado se establece el LPS (Last Planner System), como objetivo principal el LPS busca controlar el flujo de trabajo en la fase de ejecución minimizando las variables que puedan suceder a lo largo de la ejecución y de la misma forma lograr los objetivos del proyecto, esta herramienta es una programación semanal la cual debe cumplir con tres componentes para ser realmente efectiva que son la planificación anticipada, el compromiso de planificación y el aprendizaje, esta planificación reduce la programación al detalle en tareas que se realizarán semanalmente, dichas tareas deben ser compromisos que adquieren los trabajadores o contratistas y desde luego se realizará un seguimiento o PPC (porcentaje de Plan Completado) de las mismas, asimismo se tendrá control permanente de las variaciones y se realizarán los ajustes que sean necesarios para lograr los objetivos propuestos siempre teniendo en cuenta el ciclo de aprendizaje [16].

### 3.3 Marco geográfico

El caso de estudio de esta investigación se centra en la Empresa D.R. Construcciones Ltda., esta compañía se encuentra ubicada en Colombia situada en la capital Bogotá, más exactamente en la localidad de Rafael Uribe Uribe en el barrio El Claret con la dirección Carrera 24B No. 44-69 sur donde se encuentran ubicadas sus oficinas y la bodega. El caso de estudio de encuentra ubicado en la carrera séptima con calle 113 Torre Samsung.

*Ilustración 4 Localización geográfica*



*Fuente: Elaboración propia*

### **3.4 Marco demográfico**

Dentro de este marco se relacionan todos los interesados que se encuentran involucrados dentro de las actividades de la empresa D.R. Construcciones, dicho marco se dividirá entre la empresa y el caso de estudio.

#### La empresa

Número de empleados: 19

Empleados capacitados:15

Número de obras en promedio: 4

Número de personal externo contratado:15

Como se realizan las contrataciones: por medio de procesos de reclutamiento como: definición del perfil, búsqueda o convocatoria, evaluación, selección de personal, inducción y capacitación. En cuanto al contrato se realiza a término fijo y/o prestación de servicios según sea el caso.

#### Caso de estudio

Interesados del proyecto: gerente general, director de proyectos, residentes de obra, personal administrativo, personal operativo, contratistas, proveedores y cliente

Número de profesionales:4

Cantidad de personal capacitado:10

Cantidad de personal no capacitado:5

Cantidad de trabajadores:15

### 3.5 Marco legal

El siguiente cuadro muestra las leyes que acobijan la presente investigación.

*Tabla 3 Leyes y normas*

<b>CUADRO DE LEYES Y NORMAS</b>	
<b>LEY O NORMA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Decreto 410 de 1971	Con base en el artículo desarrollado por Isabel Cristina Sánchez Jiménez "sociedades mercantiles en Colombia, breve historia, desarrollo y tendencias actuales. una perspectiva desde el derecho comparado" se enmarca el presente decreto en el cual se resaltan los artículos 353 al 370 donde se reglamenta mediante el código de comercio las sociedades limitadas [17], Asimismo esta ley rige a los comerciantes y asuntos mercantiles dentro de la normatividad colombiana [18].
Código sustantivo del trabajo	El régimen laboral en Colombia esta soportado en el código sustantivo del trabajo [19] y otras leyes que a través del tiempo lo han ido modificando como la ley 50 de 1990.
Ley MiPymes	La ley 590 de 2000 o ley MiPymes establece las categorías de micro, pequeña y mediana empresa [20], de igual forma esta ley se modificó en el 2004 por la ley 905 que adhiere herramientas para el apoyo a estas empresas por parte del gobierno nacional [21].
Ley 400 de 1997	Por la cual se estipulan las normas sobre construcción sismo resistente [22] .
NSR-10	Es el reglamento colombiano de construcción, en el cual se regulan las condiciones con las que deben contar las construcciones en el territorio nacional el cual se promulgo en el decreto 926 del 19 de marzo de 2010 [23] y su última modificación fue el 6 de junio de 2017 con el decreto 945 [24].
Resolución 2400 de 1979	Se establecen las disposiciones en cuanto a higiene, seguridad del establecimiento de trabajo [25].

Resolución 472 de 2017	Por medio de esta resolución se reglamentó la gestión integral de residuos producto de la actividad de la construcción [26].
Resolución 2413 de 1979	Por el cual se reglamenta la higiene y seguridad para la industria de la construcción [27].
Decreto 586 RCD`S	En este decreto se dictamina un modelo eficiente para el manejo de residuos de construcción y demolición [28].

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.6 Estado del arte**

A lo largo de la revisión bibliográfica se evidencio los grandes cambios que ha tenido y por la que ha pasado la gerencia de proyectos y así lo refiere la revista espacios en su volumen No. 23, en este se destaca la revolución que han tenido las técnicas de gerencia de proyectos en las últimas dos décadas, ya que en una época los proyectos eran designados de forma ad hoc<sup>5</sup> a un administrador que simplemente tuviera cierta experiencia técnica en un contenido determinado pero se presentaban constantes fallas y perdidas, esto llevo a que progresivamente se realizaran cambio en la forma de realizar proyectos, a partir de esta necesidad se empiezan a generar nuevos métodos que se convierten en la moderna gerencia de proyectos creando un enfoque en cuanto a técnicas y métodos aplicables a múltiples proyectos con diferente complejidad [29]. Toda esta evolución ha llevado a la generación de varios métodos de gerencia de proyectos uno de los más importantes y de gran relevancia es el diseñado por el PMI y es la guía PMBOK, por otro lado, se tiene el método Lean Construction que se encuentra con gran acogida en el mercado internacional.

---

<sup>5</sup> Ad hoc, se usa para indicar o referir que un determinado evento es temporal, en este caso la asignación de un cargo.

De estas dos metodologías se hallan un sinnfín de documentos donde cada uno de ellos relaciona una metodología como el mejor método de abordar un proyecto, es decir unos avalan más el método del PMI que el Lean Construction y viceversa, lo cual abre el interrogante, ¿es posible integrar el PMI y la filosofía Lean? a lo cual la revisión exhaustiva de bibliografía al respecto arrojo el resultado de que no es un tema ampliamente explorado más aun cuando se centra en ejecución y control de obras en empresas pequeñas y medianas, por lo cual se resaltan 3 documentos en los cuales se compara y relacionan estas dos metodologías.

El primer documento es un artículo presentado por el Ing. Milton Andrés Cruz Cubillos como trabajo de grado para la especialización de gerencia de proyectos, en el realiza un análisis sobre el mejoramiento del PMI por medio de las metodologías Lean, en este artículo se examinó cada una de las metodologías por separado para de esta forma realizar una comparación en cuanto a antecedentes, descripción general, enfoques y beneficios de cada metodología resumidas en un cuadro donde se definen estos modelos por cada aspecto [30].

Tabla 4 Comparación PMBOK y Lean Construction

ASPECTOS	MODELOS DE GESTION DE PROYECTOS SELECCIONADOS	
	FILOSOFIA LEAN	PMI-PMBOK
<b>Antecedentes y Origenes</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kiichiro Toyota, fundador de Toyota Motor Corporation, impulsó el JIT, poniéndolo en práctica por medio de su director de producción, Taiichi Ohno, en la década de los cincuenta. Su padre, Sakichi Toyoda, ya había puesto los cimientos del otro gran pilar del TPS, conocido como Jidoka, en la planta de fabricación de telares que la familia Toyoda tenía anteriormente.</li> <li>2. Posteriormente se iba conociendo se aplica en diferentes tipos de industria, conocido como Lean Manufacturing.</li> <li>3. Hacia 2002, el profesor finlandés Lauri Koskela introduce el concepto en el sector constructor</li> </ol>	<p>El Instituto de Administración de proyectos (PMI) fue fundado en 1969, inicialmente para identificar las prácticas de gerencia comunes en los proyectos a través de la industria.</p> <p>La primera edición del PMBOK fue publicada en 1987, como resultado de talleres iniciados a principios de los 80s por el PMI. En paralelo fue desarrollado un código de ética.</p> <p>La segunda versión del PMBOK fue publicada (1996 y 2000), basada en comentarios recibidos de parte de los miembros.</p> <p>La tercera versión de la guía del PMBOK (fue publicada en 2004, con mejoras importantes en la estructura del documento).</p>
<b>Descripción General</b>	<p>La filosofía LEAN cuyo origen es el TPS Toyota Production System es un enfoque para la administración de operaciones, cuyo objetivo fundamental es contribuir al mejoramiento bajo el concepto de estabilidad de los procesos mediante la maximización de valor y la eliminación de pérdidas o desperdicios a través de la aplicación de diferentes herramientas.</p>	<p>El Project Management Body of Knowledge (Libro de estándares para la Gestión de Proyectos) (PMBOK) (®) es un estándar reconocido internacionalmente (IEEE, ANSI) este trabaja con el uso del conocimiento, de las habilidades, de las herramientas, y de las técnicas para resolver requisitos del proyecto. La guía del PMBOK define un ciclo vital del proyecto, 5 grupos de proceso y 3 áreas de conocimiento de la administración de proyectos</p>
<b>Enfoques</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminación de la pérdida o desperdicio</li> <li>2. Generación de Valor</li> <li>3. Leadtimes cortos</li> <li>4. Sistema de arrastre pull</li> <li>5. Tamaño de lotes de producción pequeños</li> <li>6. Gama de inventarios rápidos</li> <li>7. Módulos flexibles de producción</li> <li>8. Procesos pequeños y flexibles</li> <li>9. Programas de producción nivelados y balanceados</li> <li>10. Las máquinas esperan por el hombre</li> <li>11. Se enfoca en la calidad total del Producto</li> <li>12. Los desperdicios son visibles</li> <li>13. Medición contra errores (Airebin/POKA YOE)</li> <li>14. Personal comprometido (el Concepto del Equitón)</li> <li>15. Sistemas de alertas Kanban</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestión del Alcance del Proyecto</li> <li>2. Gestión del Tiempo del Proyecto</li> <li>3. Gestión de los Costos del Proyecto</li> <li>4. Gestión de la Calidad del Proyecto</li> <li>5. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto</li> <li>6. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto</li> <li>7. Gestión de la Integración del Proyecto</li> <li>8. Gestión de los Riesgos del Proyecto</li> <li>9. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</li> </ol>
<b>Beneficios</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de pérdidas de cualquier tipo a lo largo de la operación</li> <li>2. Reducción de tiempos de ciclo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ahorros de tiempo y costo.</li> <li>2. Más rapidez en la solución de problemas.</li> <li>3. Optimización en la resolución de riesgos.</li> <li>4. Mayor efectividad en la comunicación y gestión de</li> </ol>

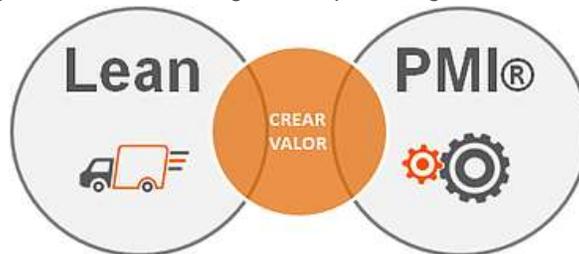
*Fuente: Análisis de mejoramiento de los capítulos pmi a través de metodología lean en el sector de construcción “Artículo presentado como trabajo final de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos”*

Esta investigación llego a la conclusión de que es posible integrar ambos conceptos para de esta forma obtener resultados favorables para un proyecto, asimismo la filosofía Lean contribuye elementos esenciales para las 9 áreas de conocimiento del PMBOK debido a que las herramientas Lean tienen como principal característica la detección temprana de variaciones y panoramas de pérdidas para su correspondiente rectificación y ajuste, de igual manera se enfatiza en que tanto el PMI como Lean son herramientas que poseen una estructura la cual puede ser moldeada para cualquier proyecto sin importar el sector en el que se encuentre, igualmente en ambos conceptos prima la creación de hábitos organizacionales, por otra parte el eje fundamental de Lean que es la eliminación de pérdidas y generación de valor es la mayor oportunidad de mejorar el PMBOK en cuanto a la gestión de proyectos de construcción, a continuación se muestra el cuadro comparativo entre ambas metodologías [30].

La segunda referencia con respecto a PMI y el Lean Construction se basa en la empresa Logik Plan, una compañía chilena que ofrece servicios de consultoría y planeación, explica que su estrategia se basa en la unión de las metodologías en cuestión, explica sus beneficios y de qué manera las fusionaron creando un modelo comprobado que les ha dado resultados [31]

(Joshua Southern, 2016).

*Ilustración 5 Concepto PMI y Lean Construction según la empresa Logik Plan*



*Fuente: Página web empresa Logik Plan de Chile*

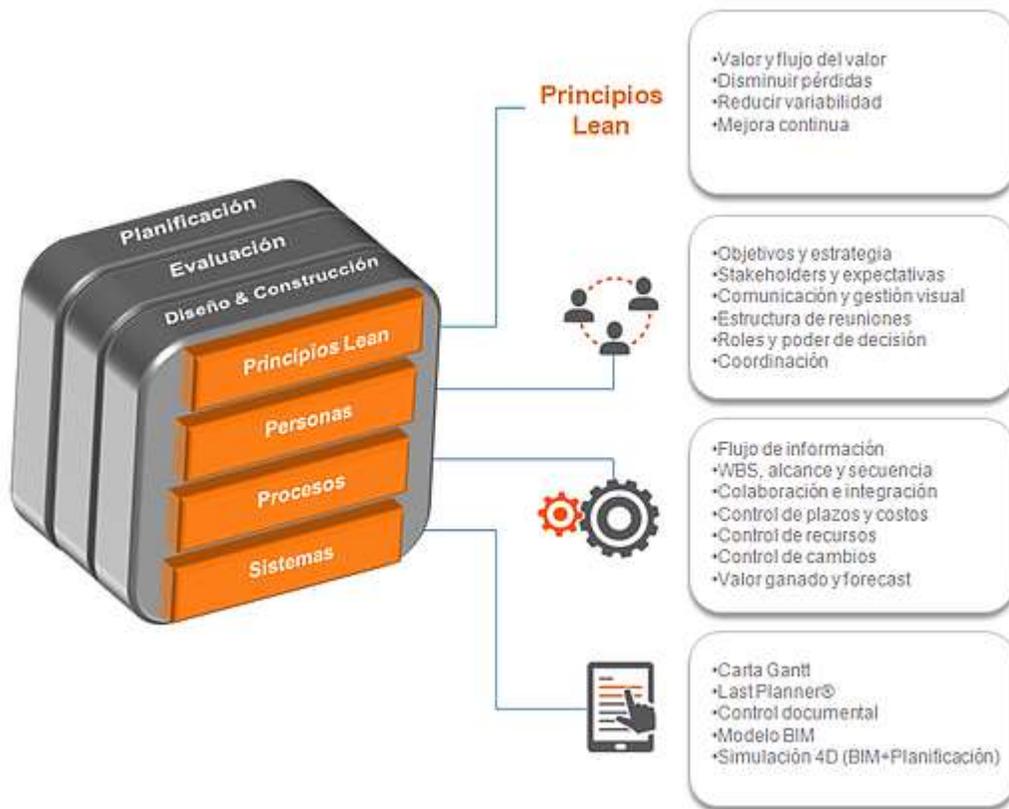
Esta empresa define al PMBOK como CONTROL, el cual provee herramientas para administrar proyectos individuales y define los conceptos relacionados con la gerencia de proyectos, al igual que en otros artículos y documentos clarifica que la base de esta metodología se basa en las buenas prácticas de la administración basándose en la triada tiempo, costo y alcance [31].

Por otro lado, define a la filosofía Lean como VELOCIDAD, pues es determinada como un flujo de procesos desde lo más esencial como la materia prima hasta la transformación de esta para convertirse en el producto final, haciendo énfasis en la generación de valor con el objetivo de maximizar el valor agregado y disminuir desperdicios y/o pérdidas [31].

Igualmente define una pregunta la cual enfatiza en ¿Por qué? y ¿Cómo? realizar la fusión de estas dos metodologías, esta que denominaron framework es la composición de procesos del PMBOK junto a herramientas Lean, logrando mejores resultados sobre la totalidad de los procesos productivos, generando mayor valor al producto debido al rendimiento en la creación de flujo y máximo rendimiento. La estructura se basa en 4 pilares que son: Principios Lean, procesos PMBOK, Gestión de equipos de trabajo y finalmente sistemas de

información, De acuerdo con Logik Plan estos pilares se pueden implementar en cualquier momento de la vida del proyecto siempre con impactos positivos en la productividad, costos, certidumbre en los tiempos y localización temprana de los riesgos o variables, en la siguiente imagen se aprecia la estructura de dicho planteamiento [31].

Ilustración 6 Esquema de gerencia de proyectos empresa Logik Plan Chile



Fuente: Página web empresa Logik Plan de Chile

El tercer elemento a resaltar es un documento el cual se citó con anterioridad y es “*El modelo de gestión de proyectos: dirección de proyectos compatible con el pensamiento Lean*” del Ing. José Manuel Sánchez Losada el cual escribió para la revista Dyna en su volumen 87, el documento da una mirada crítica hacia cada una de las metodologías resaltando siempre lo

mejor de cada una, presenta a Lean como la herramienta que define el valor desde la perspectiva del cliente y al Project management como el modelo de referencia para la aplicación de cualquier tipo proyecto, el artículo precisa un concepto con base en el uso del modelo del PMI para la gestión de proyectos en el que fusiona herramientas de Lean construction como LPDS<sup>6</sup>, LPS<sup>7</sup> e incluso el IPD<sup>8</sup>. De igual forma con las herramientas anteriormente mencionadas se define el alcance el cual lo desarrolla por medio de una EDT para a continuación realizar las actividades que se ejecutaran, igualmente menciona la importancia de utilizar CCM<sup>9</sup> y el LPS ya que el desarrollo en conjunto de estas herramientas permite un control óptimo no solo del tiempo si no de las variables que se encuentren a media que el proyecto se va desarrollando [14].

En conclusión se puede decir que el resultado de dicha investigación se resume en que algunas herramientas de la filosofía Lean construction aplicadas en algunas prácticas del PMBOK pueden mejorar aún más los resultados que se pueden obtener hasta el momento, teniendo mayor control en el alcance, tiempo, coste y por ende la calidad del producto incrementando la satisfacción del cliente, el autor realiza un cuadro resumen de las herramientas utilizadas por cada una de las metodologías en las fases del proyecto.

*Tabla 5 Herramientas Lean y PMI para gerencia de proyectos*

---

6 LPDS, Son las siglas de Lean Project Delivery System, Sistema de producción basado en proyectos Lean.

7 LPS, son las siglas de Last Planner System, herramienta Lean para evitar variabilidad.

8 IPD, siglas de Integrate Project Delivery o en español contratos colaborativos.

9 CCM, Critical Chain Method o método de cadena crítica

Grupo procesos Project Management	Planificación (Definición Alcance)	Planificación	Ejecución	Control
Uso Técnicas Project Management	Definir alcance, Trazabilidad, EDT	Uso CCM en la Planificación Maestra	Dirección de la Ejecución y demás procesos	Uso CCM en la actualización Planificación Maestra
Fases LPDS Lean Construction	LPDS: Definición Lean	LPDS: Diseño Lean	LPDS: Suministro Lean Ensamblaje Lean	
Uso otras Técnicas Lean Construction		Uso SUP en la planificación semanal		Uso SUP en reuniones semanales Equipos integrados IPD

Fuente: Artículo “El modelo de gestión de proyectos: dirección de proyectos compatible con el pensamiento Lean”

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Fases del trabajo de grado

Como resultado de lo expuesto en cuanto a conceptos y fundamentos en el marco teórico, los pasos que se siguieron dentro de la presente investigación integrados a la gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales se dividen en 3 fases y fueron los siguientes:

#### Fase 1

- Clasificación de herramientas LEAN y PMBOK aplicables a la compañía
- Evaluación y selección de las herramientas anteriormente clasificadas por medio de cuadros comparativos con el fin de seleccionar las más apropiadas y/o seleccionar herramientas que se pueden complementar entre si para la ejecución de proyectos de construcción en empresas pymes.
- Análisis de las herramientas expuestas en la guía PMBOK y la filosofía Lean construction aplicables a la ejecución de proyectos de construcción seleccionadas previamente.

## Fase 2

- Estudio de la empresa D.R. Construcciones por medio de herramientas anteriormente seleccionadas, entrevistas, encuestas y recolección de datos necesarios para su diagnóstico
- Creación de estrategias de seguimiento y control de obra basadas en el análisis, evaluación y selección de herramientas previamente escogidas.

## Fase 3

- Implementación de las estrategias dentro de un caso de estudio.
- Análisis de los resultados
- Socialización por medio de exposiciones y ponencias a la universidad y la empresa caso de estudio
- el ajuste del modelo

### **4.2 Instrumentos o herramientas utilizadas**

Para la recopilación de datos se utilizaron instrumentos como encuestas al personal que labora dentro de la empresa DR. Construcciones a diferentes niveles jerárquicos como trabajadores internos y contratistas, de igual forma se realizaron entrevistas a los líderes de la empresa para tener un panorama completo de la compañía.

Las encuestas se realizaron con respuestas abiertas y de evaluación del 1 al 5, por otro lado, las entrevistas se realizaron dentro de la compañía por medio de un cuestionario previamente

realizado para el fin de esta investigación.

### **4.3 Población y muestra**

Para la presente investigación se tomó como población de muestra a todo el personal operativo interno y externo de la compañía junto con el personal administrativo que se encuentre involucrado dentro de los parámetros de esta investigación, siendo así el número de esta población no muy alto al tratarse de una mediana empresa se distribuye la población de la siguiente manera:

Personal interno:19

Personal Externo:12 Aprox.

Para el personal externo se involucra solo a aquellos que se encuentren solo dentro del caso de estudio.

### **4.4 Alcances y limitaciones**

#### **4.4.1 Alcance**

El alcance de este proyecto de investigación se centró en analizar la metodología PMBOK y la filosofía Lean Construction, realizando una evaluación y análisis de estas metodologías con el fin de seleccionar herramientas que serán aplicadas en la empresa D.R. Construcciones en la ejecución y seguimiento de obras.

#### 4.4.2 Limitaciones

Con base en que este proyecto de investigación se aplicó en la empresa D.R. Construcciones, se hallaron limitaciones en cuanto a la información suministrada por la empresa por ser información que se considera sensible, de igual forma se afectó el desarrollo de la investigación al verse envuelta en medio de la pandemia causada por el COVID-19 ya que genero afectaciones internas y externas a la compañía.

#### 4.5 Documentos a entregar

Se entrego un documento escrito en medio físico y magnético que contiene todo el desarrollo de la investigación, de igual forma se adjuntaron todos los soportes y herramientas utilizados para el desarrollo de este documento.

#### 4.6 Cronograma

Se tomo como base el documento tipo entregado por la universidad y las acciones a realizar para obtener los entregables dentro de esta investigación, para ello se construyó la siguiente tabla guía.

*Tabla 6 Actividades del cronograma*

ID	ACTIVIDAD
1	Análisis y evaluación de posibles temas de investigación
2	Selección de tema de investigación
3	Reconocimiento de fuentes bibliográficas
4	Planteamiento del problema y línea de investigación
5	Justificación
6	Objetivos
7	Estado del arte
8	Marco conceptual

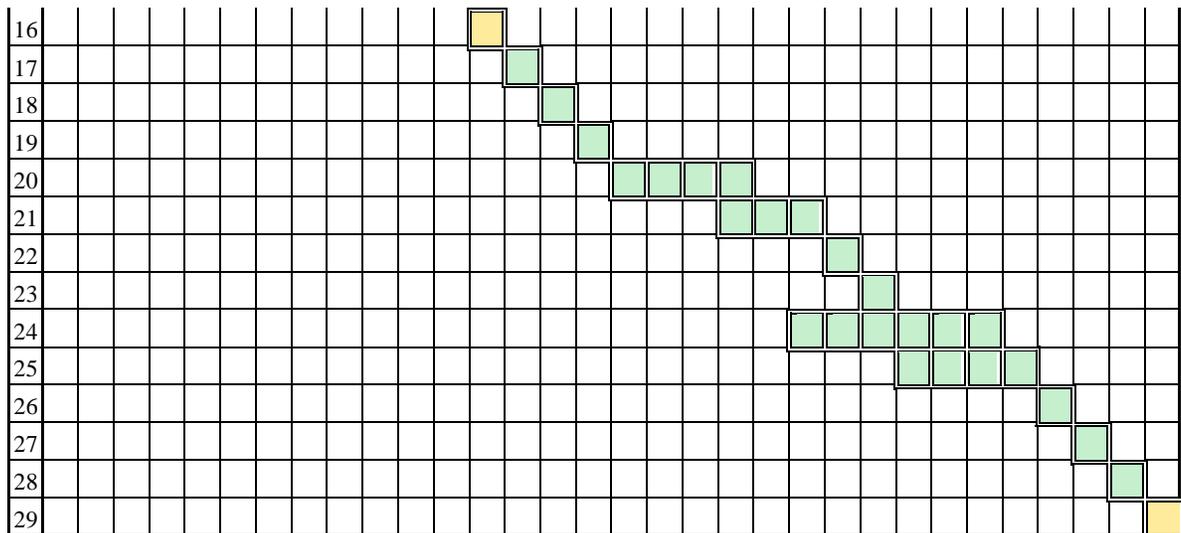
9	Marco teórico
10	Marco jurídico
11	Marco geográfico
12	Marco demográfico
13	Metodología
14	Bibliografía
15	Entrega de documento
16	Revisión jurados
17	Correcciones
18	Aval del documento
19	Sustentación
20	Análisis de herramientas PMBOK y Lean
21	Evaluación de las herramientas PMBOK y Lean
22	Realización de encuestas y entrevistas
23	Estudio y diagnóstico de la empresa D.R. Construcciones
24	Creación de estrategias de seguimiento y control de obra
25	Implementación de estrategias en caso de estudio
26	Revisión bibliografía
27	Revisión del documento
28	Presentación del documento
29	Sustentación

Fuente: Elaboración propia

Este cronograma fue realizado a partir de las fechas establecidas por parte de la universidad católica en la especialización de gerencia de obras junto con los entregables que debe tener el documento y la investigación a realizar.

Tabla 7 Cronograma de las actividades por semana

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROYECTO DE INVESTIGACION																																		
ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
1	■	■																																
2		■																																
3			■	■																														
4				■	■																													
5					■	■																												
6						■	■																											
7							■	■																										
8								■	■	■																								
9									■	■																								
10										■																								
11											■																							
12												■																						
13													■																					
14														■																				
15															■																			



Fuente: Elaboration propia

#### 4.7 Presupuesto

Ya realizado el cronograma se identificó el costo de la realización de la presente investigación.

Tabla 8 Presupuesta de la investigación

PRESUPUESTO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VR-UNIT	VR-TOTAL
EQUIPO DE COMPUTO	Global	1	\$ 250.000	\$ 250.000
INTERNET	Mes	8	\$ 60.000	\$ 480.000
ASESORIAS	Hora	128	\$ 25.000	\$ 3.200.000
TRANSPORTES	Viaje	32	\$ 2.800	\$ 89.600
SALARIO INVESTIGADOR TIEMPO PARCIAL	Mes	8	\$ 1.500.000	\$ 12.000.000
Materiales e insumos				

Papelería	Global	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Cuaderno de notas, lapiceros, marcadores y otros	Global	1	\$ 15.000	\$ 15.000
impresiones	Global	1	\$ 50.000	\$ 50.000
valor total				\$ 23.294.600

*Fuente: Elaboración propia*

## **5 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA**

### **5.1 Fase 1**

#### 5.1.1 Clasificación de herramientas LEAN y PMBOK aplicables a empresas PYMES

Para el desarrollo de la clasificación de herramientas se utilizó un ciclo de vida general que se utilizara en los proyectos a ejecutar el cual consta de 5 etapas, esto basado en el análisis e información recopilada en el marco teórico donde se identifica en aspectos generales la división de proyectos por etapas para una mejor planeación y control en sistemas de gestión de proyectos. Este ciclo de vida se presenta a continuación.

#### Etapa 0: Diagnostico y evaluación

Esta fase se utiliza en un inicio para identificar el estado actual de la compañía en cuanto a su comportamiento general como empresa y su visión de cómo ejecuta y controla los

proyectos de construcción que tienen a cargo. Esta fase solo se utiliza en un inicio, aunque de ser necesario se podrá utilizar a futuro para realizar nuevas evaluaciones y de esta manera ejecutar los ajustes a que haya lugar.

### Etapa 1: Planeación

Si bien la mayoría de los proyectos que ejecutan las empresas PYMES lo realizan como contratistas, es decir las compañías deben planear la adquisición de recursos, el control, seguimiento y se deben ajustar a los tiempos y la planeación en ejecución establecidos por el cliente, también poseen proyectos de construcción propios. razón por la cual, se implementa una fase de planeación en la que en este trabajo no se ha profundizado, debido a que no es el objetivo de la misma. Fase debe recordad que esta investigación se dirige al control y seguimiento en la ejecución de proyectos de construcción. Sin embargo, no se puede dejar delado la importancia de la planificación previa para un correcto ejecución y control.

### **Etapa 2: Ejecución**

Esta es una de las fases más importantes en las cuales se centra esta investigación, ya que es la fuente principal de ingresos de las pequeñas y medianas empresas que prestan servicios como contratistas, esta fase tiene por objetivo implementar herramientas para un correcto cumplimiento del alcance planteado en cada proyecto.

### **Etapa 3: Control**

El objetivo de esta fase es minimizar las variables que puedan ocasionar perdidas de cualquier tipo y controlarlas a medida que transcurre la ejecución de los proyectos de construcción,

estas variables se evidencian ejemplo en la adquisición de recursos, calidad, tiempo y alcance durante la materialización de los proyectos.

#### **Etapa 4: Cierre**

En el cierre del proyecto se evaluará su éxito o su fracaso realizando validaciones en cuanto su porcentaje de éxito y se dará cierre como tal al proyecto.

#### **Etapa 5: Plan de mejoramiento**

Sera la última fase del ciclo de vida y la de más relevancia, pues en esta fase se recopilarán las fallas, las mejoras y toda la información que ayude a mejorar los procesos para una perfeccionar ejecución de proyectos a futuro, sin esta fase se estaría siempre divagando en el mismo sitio sin avanzar hacia el éxito.

De acuerdo a estas fases anteriores y sus necesidades, se realizó una selección de herramientas de la guía PMBOOK y la filosofía LEAN CONSTRUCTION teniendo en cuenta dentro de sus características principales temporalidad, insumos, y control enfocándolas a su aplicabilidad a empresas PYMES de construcción generando como resultado el cuadro que se muestra a continuación:

*Tabla 9 Clasificación de herramientas*

CLASIFICACION DE HERRAMIENTAS		
ETAPAS	PMBOK	LEAN
DIAGNOSTICO Y EVALUACION	Entorno en el que opera el proyecto	Diagnostico Lean
PLANEACION	Plan para la dirección del proyecto	LPDS (Last Planning Delivery Sistem)
	Recopilación de requisitos	Restricciones - TOC
	Líneas base	
	EDT (WBS)	Value Stream Mapping
EJECUCION		Identificación de perdidas
	Dirigir y gestionar el trabajo( plan dirección proyecto)	
	Gestionar los interesados	
		5'S
	Gestionar la calidad	Poka Yoke
CONTROL		Sistema Pull
		Just in Time
	Control triada	P.P.C (Porcentaje de partes cumplidas)
	Control de calidad	Last Planner
CIERRE	Control de recures	Kanban
	Control de cambios	Cartas de balance
PLAN DE MEJORAMIENTO	Validar el alcance	Informes de desempeño
	Cierre del proyecto	
	Lecciones aprendidas	Ciclo Deming
		Kaizen

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Evaluación y selección de las herramientas anteriormente clasificadas.

Como paso inicial para la evaluación de las herramientas anteriormente seleccionadas, se realizaron los siguientes criterios de evaluación enfocados en empresas PYMES para evaluar cuantitativamente los instrumentos a utilizar en las etapas ya definidas.

Tabla 10 Criterios de evaluación

Criterios de evaluación para la herramientas de gestión	
<b>Adaptabilidad a PYMES</b>	Que nivel de adaptabilidad tiene la herramienta al ser utilizada en una empresa tipo PYMES dedicada ala construcción en cuyos proyectos en su mayoría se desarrollan como contratistas.
<b>Complejidad</b>	Nivel de complejidad de la herramienta para ser utilizada.
<b>Requisitos para su aplicación</b>	Limitación de entradas para su aplicación, información externa o de otras dependencias internas de la empresa.
<b>Capacidad Integración</b>	capacidad que tiene la herramienta de poder integrarse y trabajar en conjunto con otras herramientas de modelos de gerencia de proyectos diferentes.

*Fuente: Elaboración propia*

Habiendo conceptualizado los criterios de evaluación, se realizó una valoración de dichos criterios dando porcentajes de evaluación de 40%, 30%, 20% y 10% en las encuestas realizadas a los expertos, el análisis de las encuestas arrojó el peso otorgado por los expertos a cada uno de los criterios y se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 11 Porcentaje de relevancia de criterios.*

<b>PORCENTAJE TOTAL</b>	
<b>CRITERIOS</b>	<b>PORCENTAJE DE RELEVANCIA</b>
Adaptabilidad a PYMES	36%
complejidad	22%
Limitaciones	20%
Capacidad Integración	24%

*Fuente: Elaboración propia*

Luego de establecer el peso de los criterios a evaluar se calificó cada una de las herramientas y se promedió el valor total otorgado en las encuestas junto con el porcentaje de los criterios anteriormente obtenido.

A continuación, se muestran los valores totales derivados de las encuestas en cuanto a las herramientas de la Guía PMBOK.

*Tabla 12 Evaluación PMBOK*

EVALUACION PMBOK		CRITERIOS				TOTAL
ETAPAS	PMBOK	Adaptabilidad a PYMES	Complejidad	Limitaciones	Capacidad de integración	
DIAGNOSTICO Y EVALUACION	Entorno en el que opera el proyecto	9	6	7	8	9,5
PLANEACION	Plan para la dirección del proyecto	10	7	7	8	10,1
	Recopilación de requisitos	10	7	8	9	10,7
	Líneas base	10	8	9	9	11,3
	EDT (WBS)	9	7	8	9	10,4
EJECUCION	Dirigir y gestionar el trabajo( plan dirección proyecto)	9	7	7	8	9,8
	Gestionar los interesados	9	7	8	9	10,4
	Gestionar la calidad	9	8	8	9	10,7
	Gestionar los recursos	9	8	7	8	10,1
CONTROL	Control triada	10	9	8	9	11,3
	Control de calidad	10	9	8	9	11,3
	Control de recursos	9	8	8	9	10,7
	Control de cambios	10	8	9	10	11,6
CIERRE	Validar el alcance	10	8	9	10	11,6
	Cierre del proyecto	10	8	8	10	11,3
PLAN DE MEJORAMIENTO	Lecciones aprendidas	10	9	9	10	11,9

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los valores totales derivados de las encuestas en cuanto a las herramientas Lean Construction.

Tabla 13 Evaluación LEAN

EVALUACION LEAN		CRITERIOS				TOTAL
ETAPAS	PMBOK	Adaptabilidad a PYMES	Complejidad	Limitaciones	Capacidad de integración	
DIAGNOSTICO Y EVALUACION	Diagnostico Lean	9	8	7	8	10,1
PLANEACION	LPDS (Last Planning Delivery Sistem)	9	7	7	8	9,8
	Restricciones - TOC	9	8	7	8	10,1
	Value Stream Mapping	8	8	8	8	10,0
	Identificación de perdidas	9	6	7	8	9,5
EJECUCION	5'S	9	7	8	9	10,4
	Poka Yoke	9	8	8	9	10,7
	Sistema Pull	9	7	7	8	9,8
	Just in Time	9	8	8	9	10,7
CONTROL	P.P.C (Porcentaje de partes cumplidas)	9	8	8	8	10,4
	Last Planner	10	9	9	9	11,6
	Kanban	9	8	8	8	10,4
	Cartas de balance	9	8	8	9	10,7
CIERRE	Informes de desempeño	10	8	8	9	11,0
PLAN DE MEJORAMIENTO	Ciclo Deming	9	8	8	9	10,7
	Kaizen	9	8	8	9	10,7

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar la ponderación de los datos recibidos de las encuestas en cuanto a las herramientas PMBOK y LEAN se compararon los resultados con el fin de decidir qué herramientas se van a usar y como se van a usar, en este caso se tuvieron en cuenta los puntajes finales de cada herramienta al igual que el valor dado a la capacidad de integración de las herramientas. Como se analizó anteriormente en el marco teórico existen herramientas que se pueden complementar entre si para dar mejores resultados en la gerencia de proyectos, por consiguiente se definieron en color verde las herramientas con mayor puntaje y que serán el eje central para guiar a la empresa PYMES dentro de las buenas prácticas de la gerencia de proyectos, de color amarillos se resaltaron las herramientas que no obtuvieron el mayor puntaje pero que poseen una gran capacidad de integración y complementara a la herramienta

principal y por otro lado se destinó el color rojo a las herramientas que no obtuvieron el puntaje para calificar dentro de los instrumentos principales y tampoco se pueden integrar a las otras herramientas, ya sea por su baja capacidad de integración o por el contrario porque es demasiado similar a la herramienta con la cual se estaba comparando en la evaluación de la encuesta.

Dichos resultados se muestran en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 10 Evaluación PMBOK & LEAN

CLASIFICACION DE HERRAMIENTAS				
ETAPAS	PMBOK	CALIFICACION	LEAN	CALIFICACION
DIAGNOSTICO Y EVALUACION	Entorno en el que opera el proyecto	9,5	Diagnostico Lean	10,1
PLANEACION	Plan para la dirección del proyecto	10,1	LPDS (Last Planning Delivery Sistem)	9,8
	Recopilación de requisitos	10,7	Restricciones - TOC	10,1
	Líneas base	11,3		
	EDT (WBS)	10,4	Value Stream Mapping	10,0
			Identificación de perdidas	9,5
EJECUCION	Dirigir y gestionar el trabajo( plan dirección proyecto)	9,8		
	Gestionar los interesados	10,4		
			5'S	10,4
	Gestionar la calidad	10,7	Poka Yoke	10,7
	Gestionar los recursos	10,1	Sistema Pull Just in Time	9,8 10,7
CONTROL	Control triada	11,3	P.P.C (Porcentaje de partes cumplidas)	10,4
			Last Planner	11,6
	Control de calidad	11,3	Kanban	10,4
	Control de recursos	10,7	Cartas de balance	10,7
CIERRE	Control de cambios	11,6		
	Validar el alcance	11,6	Informes de desempeño	11,0
PLAN DE MEJORAMIENTO	Cierre del proyecto	11,3		
	Lecciones aprendidas	11,9	Ciclo Deming Kaizen	10,7 10,7

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Análisis de las herramientas expuestas en la guía PMBOK y la filosofía Lean construction aplicables a la ejecución de proyectos de construcción seleccionadas previamente.

En esta etapa de la fase uno se analizaron las herramientas evaluadas anteriormente por cada una de las etapas del ciclo de vida, enfocando el análisis en los resultados obtenidos, es decir si es la herramienta principal se abordó a mayor profundidad, si por el contrario es una herramienta de complemento se abordó en como esta herramienta mejora al instrumento principal, iniciando con el mismo orden de la tabla 10.

#### 5.1.3.1 ETAPA 0. Diagnóstico y evaluación

##### **Diagnostico Lean**

Antes de hacer cualquier intervención en gerencia de proyectos, la filosofía LEAN recomienda hacer un diagnóstico previo del estaco actual de la compañía, así lo refiere el libro Lean manufacturing: paso a paso [32], este referente sugiere establecer las condiciones actuales de todos los procesos clave de la organización mediante un diagnostico que se compone de 6 etapas.

1. Estrategia de la compañía
2. Estructura
3. Diseño
4. Logística
5. Operaciones
6. Contabilidad y finanzas

Este diagnóstico se debe realizar en conjunto con altos directivos de la compañía, pues estos

tienen un conocimiento profundo de todos los procesos de la compañía, de igual manera se recomienda corroborar dicha información con las personas que participan en dichos procesos, se evaluará cada aspecto de estas etapas con base en los lineamientos LEAN, cada una de estas etapas se componen de los conceptos que se muestran en el siguiente gráfico.

*Ilustración 7 Diagnostico LEAN*



*Fuente: Elaboración propia con base en la guía Lean manufacturing: Paso a Paso*

### 5.1.3.2 ETAPA 1. Planeación

En esta etapa de planeación se analizan las herramientas seleccionadas previamente, se realiza una breve conceptualización de esta etapa ya que es una entrada para los procesos de ejecución y control, pero al no ser el objetivo principal de esta investigación, no se estudiará a profundidad.

#### **Plan para la dirección del proyecto**

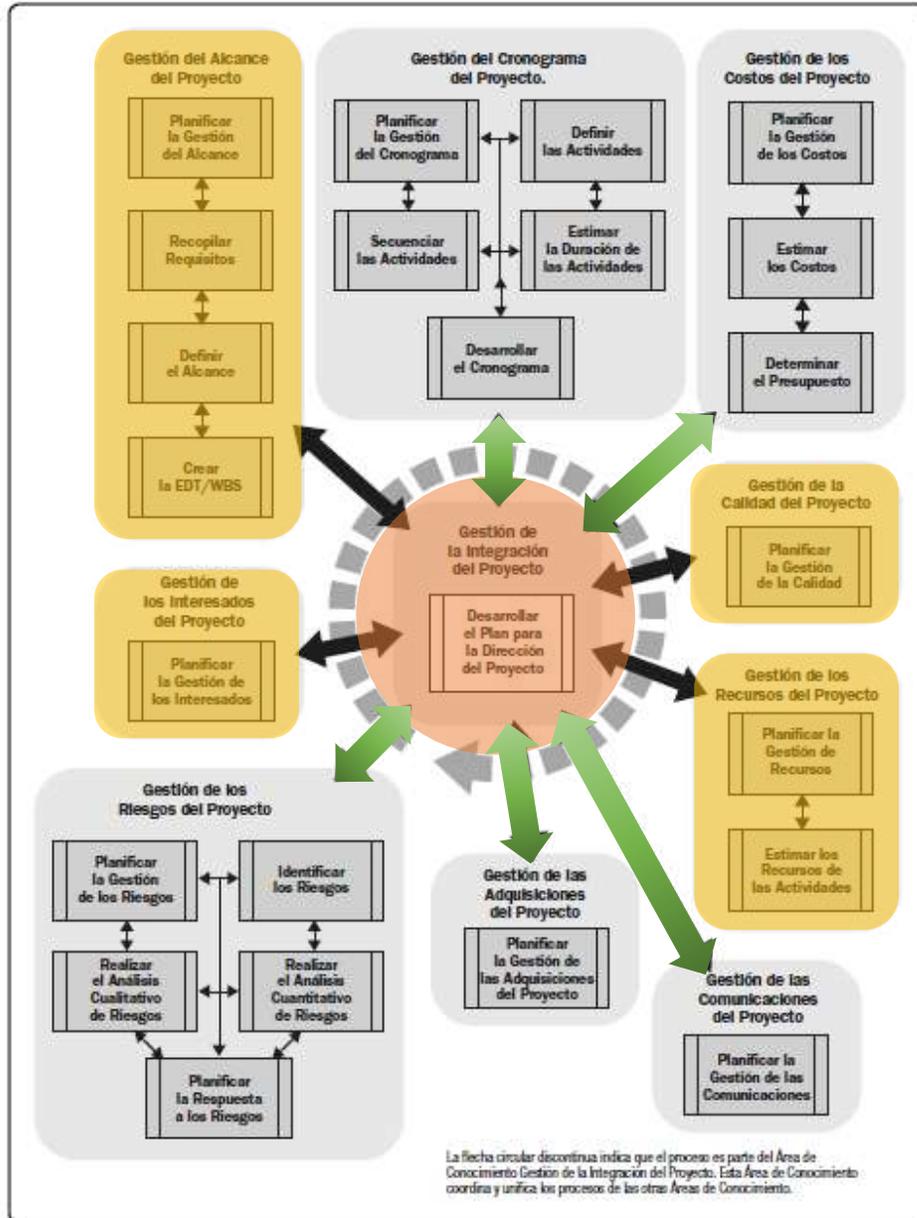
Esta herramienta se precisa como el proceso de preparar definir y coordinar todos los componentes del plan integral para la dirección de proyectos en un documento que recopila todos los pasos que se ejecutaran para desarrollar completamente y con éxito cualquier tipo de proyecto, es decir este documento contendrá todas las herramientas a usar, como se deben usar, cuando usarlas, que resultados se obtendrán y sobre todo genera estandarización.

Dentro del plan de dirección de proyectos se encuentran los paquetes de trabajo que se seleccionaron anteriormente, como los son las líneas base compuestas por el alcance, el cronograma, los costos, los interesados, la calidad, recursos, adquisiciones, y riesgos. De estas líneas de base esta investigación se centrará en el cronograma, los interesados, la calidad y las adquisiciones enfocados en la ejecución y control de proyectos. Así mismo se agregarán a estos paquetes de la guía PMBOK las herramientas seleccionadas de la filosofía LEAN.

A continuación, se muestra la estructura general del plan de dirección de proyectos con sus respectivas entradas de información según la guía PMBOK de resaltan en color amarillo se resaltan las áreas de en las cuales se enfocará las propuestas y la unión de las herramientas

LEAN, sin embargo, se resaltan los otros paquetes con flechas de color verde ya que también son entradas que se deben tener en cuenta, pero en las cuales no se profundizaran en el alcance de este trabajo.

Figura 10 Plan para la dirección de proyectos

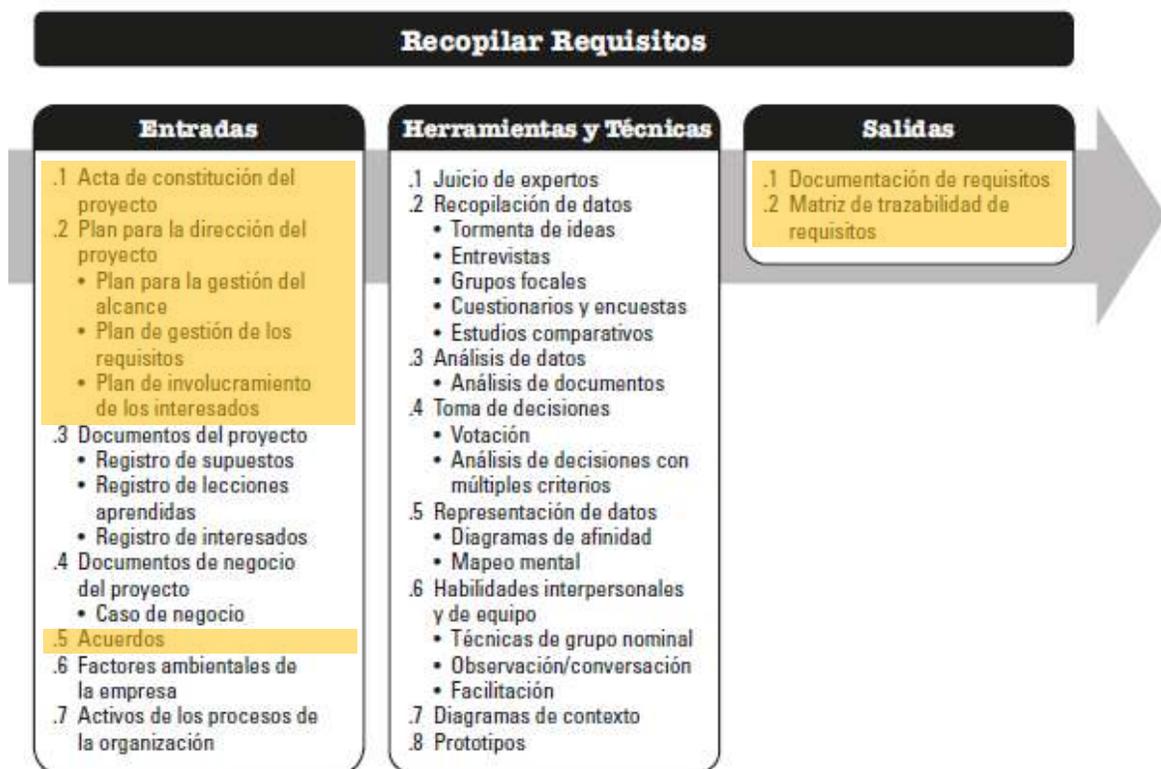


Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].

## Recopilación de requisitos

De acuerdo con la guía PMBOK la recopilación de requisitos es el ejercicio de documentar, determinar y gestionar las necesidades y requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto, lo favorable de este procedimiento es que suministra las líneas base para delimitar el alcance del producto y el alcance del proyecto, este proceso solo se realiza una vez o en puntos concretos del proyecto [13], la gráfica que se muestra a continuación muestra las entradas herramientas y salidas de este proceso, en esta se demarcan las entradas más representativas para el control y seguimiento en obra, de igual manera se marcan las salidas de este proceso ya que los documentos productos de este paso influyen directamente en los procesos que se realizan en obra .

Ilustración 8 Recopilación de requisitos



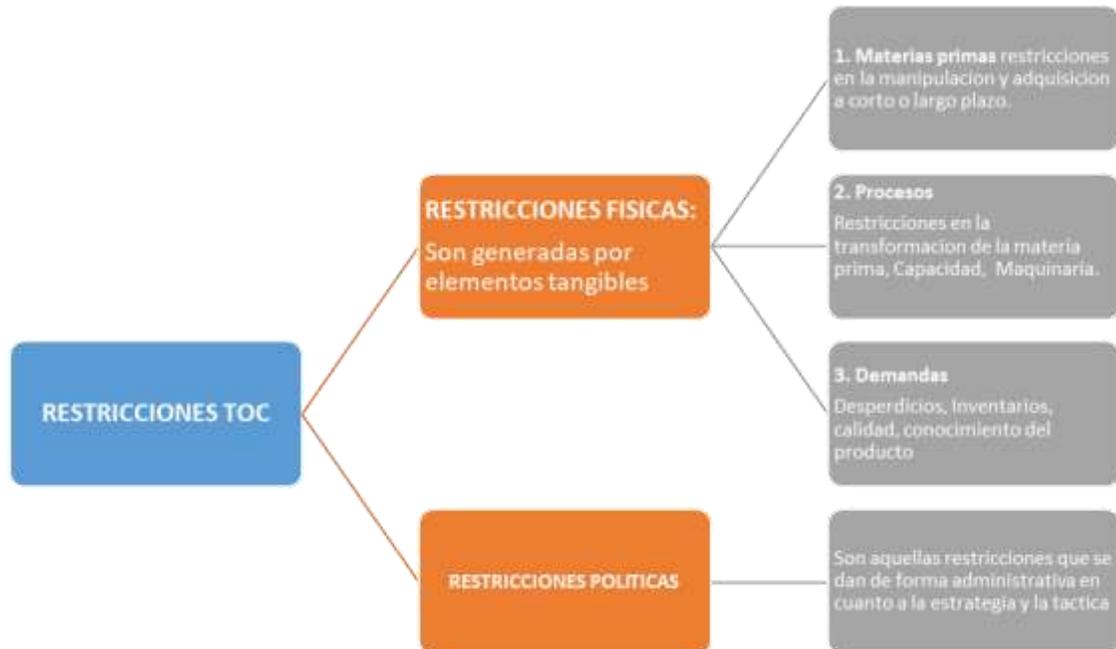
Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].

## **Restricciones - TOC**

De acuerdo con la revista e-revista saber de la universidad de los andes de Venezuela en su artículo denominado “*La teoría de restricciones y la función de comercialización*” del Prof. Walevska López donde expone los conceptos de la teoría de restricciones o Theory of Constrains (TOC) desarrollada por el físico israelí Eliyahu Goldratt, esta teoría administrativa se desarrolló para ser empleada en escenarios de alta incertidumbre como los son los escenarios de construcción de obras en los que las variables afectan el desempeño de la misma y las utilidades de las empresas. [33]

Según el artículo escrito por el Prof. Walevska López, las restricciones que en todos los proyectos y sistemas existen restricciones las cuales generan que las empresas y los proyectos no cumplan los objetivos deseados y planteados. Hallar e identificar las restricciones genera el mejoramiento de las ganancias, la producción y alcanzar las metas propuestas en la empresa y los proyectos, existen dos tipos de restricciones expuestas por el físico Eliyahu Goldratt, la primera son las restricciones físicas y la segunda las restricciones políticas las cuales se expondrán a continuación.

Ilustración 9 Diagnostico LEAN



Fuente: Elaboración propia con base en: revista Academia Año 1- No.2

### Líneas Base

En cuanto a las líneas base se refiere, en este proyecto se toman las principales que son conformadas por la ya conocida Triada que está conformada por el costo, tiempo y alcance para lograr una buena calidad. Dentro de la guía PMBOK se encuentra la creación de estas tres líneas base las cuales se encuentran en los siguientes capítulos:

1. Gestión del alcance del proyecto
2. Gestión del cronograma del proyecto
3. Gestionar el alcance del proyecto

Estos procesos no se profundizarán a fondo debido a que hacen parte de la planeación del proyecto, aunque si hacen parte de las entradas para el control y seguimiento de obras, razón por la cual se deben tener en cuenta.

## EDT/WBS

La WBS en sus siglas en inglés (Work Breakdown Structure) en español estructura de desglose de trabajo EDT, es un instrumento que nos permite subdividir todos los entregables del proyecto, estos entregables no son tareas si no productos ya terminados, de acuerdo con la guía PMBOK la EDT un ejercicio clave que suministra una referencia clara y precisa de lo que se debe entregar, este proceso solo se realiza una vez durante todo el proyecto a no ser que se requiera puntualmente más adelante, a continuación se muestra un ejemplo de una EDT y de las entradas, herramientas y salidas necesarias para crearla [13].

Ilustración 10 Entradas, herramientas y salidas para crear una EDT

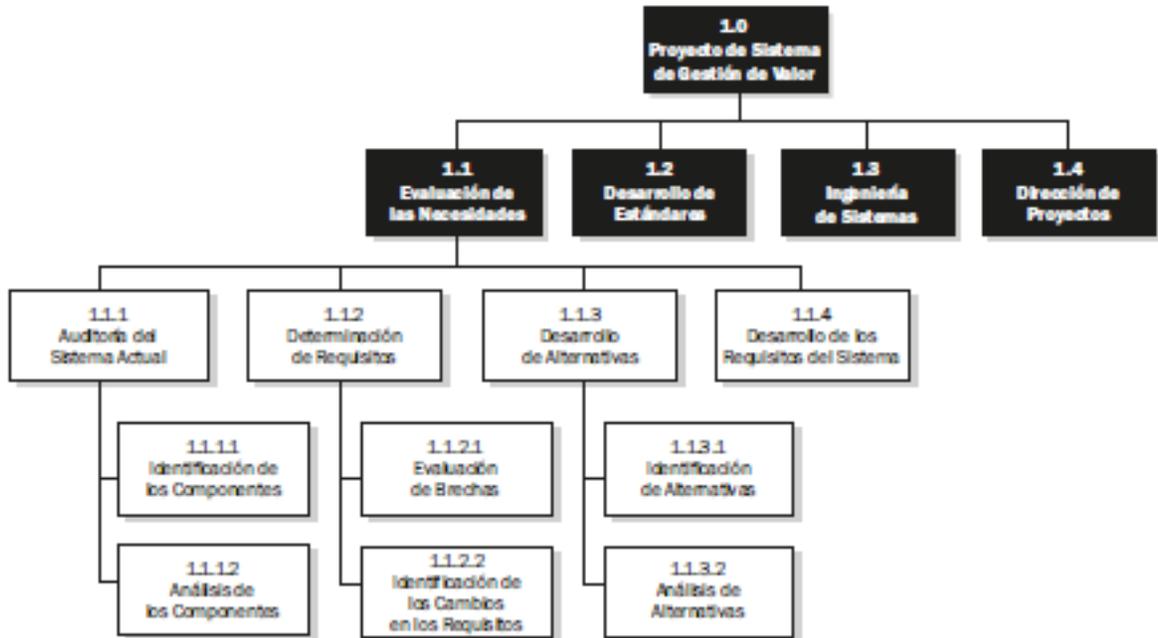


Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].

A las entradas requeridas para la generación de la EDT se deben integrar las restricciones TOC las cuales complementarias la información con el fin de desarrollar una EDT más completa y aterrizada.

A continuación, se muestra en claro ejemplo de una EDT/WBS.

Ilustración 11 Ejemplo de una EDT/WBS



Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].

## Identificación de pérdidas

La identificación de pérdidas es un paso esencial para la implementación de la metodología LEAN CONSTRUCTION y es una base esencial para la mejora continua, de acuerdo con el libro *introducción a lean construction* Taiichi Ohno clasifico 7 desperdicios, estos desperdicios causaban la mayor parte de interrupciones sobre el flujo de cadena de valor, el poder identificar estos desperdicios es imperativo para evitar pérdidas innecesarias, ya que siendo conscientes de estas pérdidas se realizaran metodologías de mejora KAIZEN para evitar estas variables. [34]

La siguiente tabla muestra la clasificación de dichos desperdicios y los describe a detalle.

Tabla 14 Clasificación de desperdicios

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
<b>SOBREPRODUCCIÓN</b>	Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.
<b>ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD</b>	Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.
<b>TRANSPORTE INNECESARIO</b>	Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
<b>SOBREPROCESAMIENTO</b>	Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).
<b>EXCESO DE INVENTARIO</b>	Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de stock en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.
<b>MOVIMIENTOS INNECESARIOS</b>	Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.
<b>DEFECTOS DE CALIDAD</b>	Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones; uso de métodos de trabajo incorrectos; mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
<b>TALENTO</b>	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

Fuente: *Introducción a Lean Construction* [34]

### 5.1.3.3 ETAPA 2. Ejecución

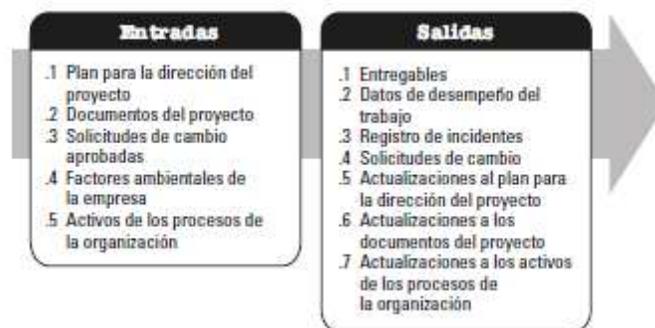
En esta etapa de ejecución, se analizan los instrumentos anteriormente evaluados y siendo objeto central de esta investigación, se realiza de forma profunda. Los procesos de ejecución se realizan con base en los instrumentos de planeación llevando a cabo el plan previamente realizado, más sin embargo requiere de herramientas adicionales para que dicho plan se ejecute lo más preciso posible al plan inicial.

## Dirigir y gestionar el trabajo

Este instrumento se resume en realizar la ejecución del plan para la dirección del proyecto, este instrumento mejora la probabilidad de éxito ya que proporciona la dirección general del trabajo y los entregables del proyecto.

Al igual que los instrumentos anteriores éste también posee entradas y salidas las cuales ayudan a tener un mejor manejo de la herramienta, las necesidades del proyecto en curso establecen que componentes del plan para la dirección de proyectos son requeridos para su correcto funcionamiento, la siguiente imagen muestra las entradas y salidas requeridas para dicho instrumento.

Tabla 15 Entradas y salidas de dirigir y gestionar el trabajo del proyecto



Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].

Así mismo cabe aclarar que cualquier otro componente del plan para la dirección del proyecto es una entrada del presente instrumento, un ejemplo de estos es: el registro de cambios, registro de lecciones aprendidas, lista de hitos, comunicaciones del proyecto, entre otros.

Dentro de las actividades que se desarrollan para dirigir y gestionar el trabajo del proyecto se desarrollan los entregables, es decir la ejecución de la EDT/WBS, así mismo se es indispensable proporcionar, dirigir y capacitar a los miembros del equipo de trabajo para la correcta ejecución de los entregables, del mismo modo implementar los métodos y estándares

de planificación. Los datos del desempeño del trabajo facilitan realizar previsiones y documentar el avance del proyecto, datos como por ejemplo costos, cronograma, avance técnico y de calidad, todo esto explicado en la guía PMBOK [13].

## Gestión de interesados

Según la guía PMBOK [13] la gestión de los interesados del proyecto consta en identificar a las organizaciones, grupos y personas que logran afectar o ser afectadas por el proyecto para estudiar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, de esta manera se generan estrategias de gestión idóneas con el fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las disposiciones y ejecución del proyecto. Este proceso apoya al equipo en analizar, evaluar y desarrollar las estrategias para involucrar de manera asertiva a los involucrados en la toma de decisiones, planificación y ejecución del proyecto, los procesos de planificación del proyecto se presentan a continuación.

Ilustración 12 Descripción general de gestión de interesados



Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].

En la planificación del proyecto se tienen en cuenta las entradas de la gestión de interesados las cuales están el color amarillo en la gráfica con el fin de desarrollar las actividades que se encuentran en colore rojo para poder obtener lo que más interesa que son las salidas en color gris, en esta franja gris esta gestionar la solicitud de cambios, actualizar el plan para la gestión de proyectos y la actualización de los documentos del proyecto. El monitoreo y control de la gestión de los interesados el cual se encuentra en la franja verde se dejará para otro tipo de investigaciones al igual que hace parte de un proceso administrativo de monitoreo.

## 5'S

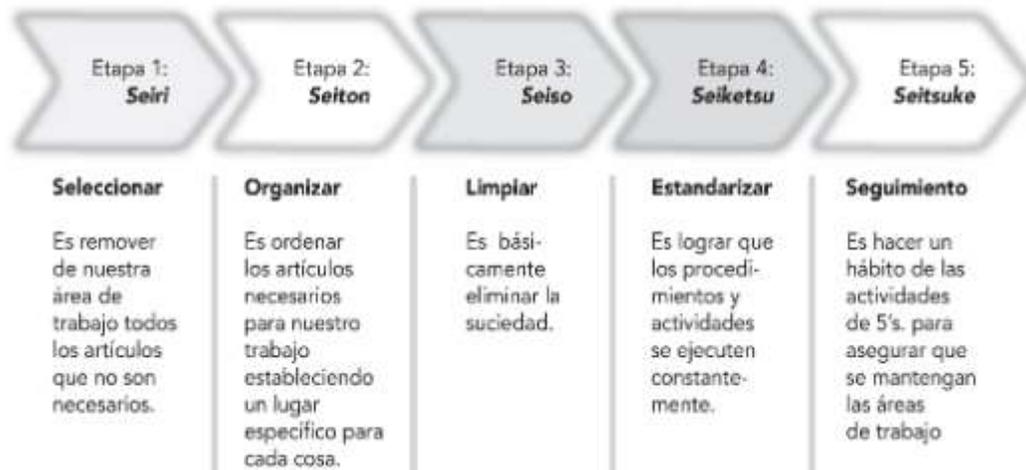
El método de las 5`S fue desarrollado por Hiroyuki Hirano, de acuerdo con el libro Lean Manufacturing: paso a paso este método representa una de la base para cualquier inicio metodología de gerencia de proyectos o herramientas de mejoras, a este sistema de las 5`S porque cada una de las palabras en japonés inicia con la letra < S > [33]:

- Seiri = Seleccionar
- Seiton = organizar
- Seiso = Limpiar
- Seiketsu = Estandarizar
- Ahitsuke = Seguimiento

Esta instrumento tiene como fin reducir los tiempo del ciclo de aprovechamiento al máximo, de acuerdo con el libro Lean manufacturing: Paso a paso, este sistema es uno de los más sencillos de implementar ya que no requiere de herramientas adicionales, solo de la voluntad

de cambio para implementar esta herramienta, estas instrumentos se pueden aplicar en áreas como : almacenes, áreas de producción, áreas comunes, oficinas, talleres, vehículos, portafolios y todos los lugares que involucren la empresa, las fases de producción de las 5`S son los siguientes.

*Ilustración 13 Etapas de las 5`S.*



*Fuente: libro Lean manufacturing: Paso a paso [32].*

### **Gestionar la calidad**

El objetivo de la gestión de calidad es el de aumentar la probabilidad de éxito en cuanto a la satisfacción de los interesados para con el producto, así mismo este instrumento ayuda a la identificación de procesos ineficaces y las causas de la mala calidad para de esa forma ajustar la desviación del producto y alcanzar las necesidades pactadas, la gestión de calidad cuenta con las siguientes entradas y salidas.

Ilustración 14 Entradas y salidas la gestión de calidad



Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].

Para realizar la gestión de calidad se deben establecer métricas para medir la calidad, revisar la calidad antes de finalizar los entregables además de evaluar los impactos de la calidad cada vez que cambia el alcance.

### **Poka Yoke**

Los sistemas poka yoke no son más que ayudas visuales a la hora de transformar la materia prima, esto con el fin de evitar cualquier defecto en la producción, esto ayudara en la ejecución a evitar desperdicios en los tiempos y en el material ahorrando dinero a los interesados y a la empresa misma.

De acuerdo con la universidad politécnica de valencia en un video de Fernando Cervero Romero la herramienta Poka Yoke como se mencionó anteriormente son ayudas visuales a la producción, un ejemplo de esta son las marquillas de colores que se ubican en diferentes tipos de tubería según sea la especialidad, ya sea eléctrica, agua potable, alcantarillado y comunicaciones, etc. Las ventajas de este instrumento es brindar a los profesionales ayudas para entender la importancia de la prevención de errores de esta manera detectar errores en la ejecución y prevenir la desviación de estos. Compartir la responsabilidad de la ejecución

de los productos con los profesionales y operadores evita los desperdicios en la producción. [35].

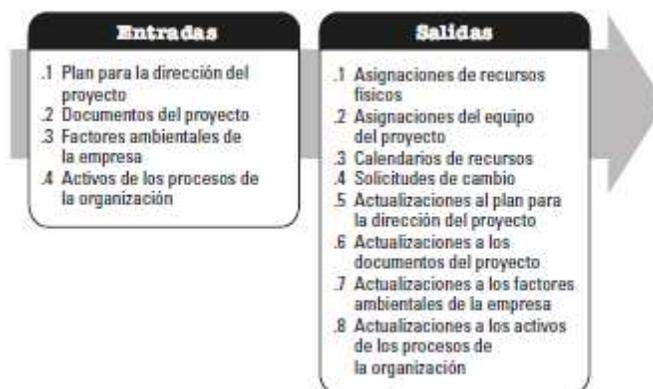
### **Adquirir recursos**

Este es el proceso de obtener los recursos materiales y humanos con el fin de completar los objetivos del proyecto, estos recursos están compuestos por ejemplo por el la maquinaria, instalaciones, equipamiento, suministros y materia prima. Este proceso estructura los recursos y los asigna a los respectivos entregables este proceso se lleva acabo periódicamente y se alcanza de la misma manera,

Para el desarrollo de esta herramienta se deben tener en cuenta entradas como el cronograma del proyecto, requisitos de recursos, líneas base, calendarios y sobre todo seguir el plan para la gestión de adquisiciones

continuación se muestran las entradas y salidas de este instrumento.

*Ilustración 15 Entradas y salidas Adquirir recursos.*



*Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13].*

### **Just in Time**

Un concepto básico de acuerdo con la escuela de organización industrial en su nota técnica No. 3.01, esta es una forma de gestión de técnicas y prácticas para la organización de la ejecución y manufactura de productos, con el fin de realizar y ejecutar los productos necesarios en el tiempo justo, con la calidad precisa y la cantidad requerida [36].

Como se mencionó anteriormente el sistema PULL es fundamental para alcanzar el Just In Time y reducir trabajos innecesarios o de baja calidad, en esencia es ser extremadamente estrictos con cero defectos, averías, tiempo no productivo y cero pérdidas de tiempo en burocracia para poder alcanzar los objetivos de los proyectos [36].

#### 5.1.3.3.1 ETAPA 3. Control

##### **Control triada**

El control de la triada se basa en la vigilancia e inspección del costo, tiempo y alcance con base en la planificación inicial previamente realizada, dentro de la guía PMBOK este instrumento se conoce como monitorear y controlar el trabajo del proyecto, este instrumento tiene como fin revisar, informar y hacer seguimiento en general con el fin de cumplir las metas trazadas en el proyecto. Este instrumento permite a los interesados visualizar el estado actual del proyecto, de esta forma se reconocen los problemas que este pueda tener para abordar las soluciones necesarias y evitar que las desviaciones se sigan generando, a continuación, se muestran las entradas, herramientas y salidas de este instrumento. [13]

Ilustración 16 Entradas, Salidas y herramientas de monitorear y controlar el proyecto.



Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13]

Este instrumento se aplica a lo largo del ciclo de vida del proyecto, dicho instrumento radica en medir, recopilar, y analizar las medidas recolectadas para realizar las mejoras necesarias con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto, en el proceso de monitorear y controlar atiende las siguientes características:

- Contrastar la ejecución de las tareas planeadas con las planeadas del proyecto.
- Realizar evaluaciones periódicas para realizar acciones correctivas.
- Analizar y evaluar los riesgos individuales del proyecto.
- Recopilar durante la ejecución del proyecto una base de datos precisa, la cual cuente con la información necesaria y concisa sobre el producto a entregar a los interesados.
- Suministra la información requerida para los informes de costo y cronograma.
- Controla y monitorea los cambios aprobados.
- Cerciorarse de que el proyecto permanezca alineado con los objetivos.

### **Porcentaje de partes cumplidas (PPC)**

Esta es una herramienta lean que hace parte del Last Planner el cual se expondrá en el siguiente punto, esta herramienta es simple y consta de resumir el trabajo realizado durante la semana el cual fue proyectado durante el LP (Last Planner), esta herramienta mide acciones como el porcentaje actividades realizadas, cumplimiento de normas de seguridad en el trabajo, compromisos realizados durante la semana de trabajo, calidad y otros factores que se crean pertinentes evaluar en cuanto al desempeño de los objetivos, de acuerdo a estas evaluaciones se generara una calificación en la cual se basan las acciones pertinentes para cada empleado o contratista relacionado con los proyectos.

Estas evaluaciones y calificaciones se ejecutarán en un formato producido por las compañías de acuerdo a sus objetivos y alcances, estas evaluaciones deben ir de la mano con las lecciones aprendidas y planes de mejoramiento dentro de los proyectos y empresas para que sean realmente efectivas y funcionales.

### **Last Planner System (LPS)**

Este instrumento que se encuentra dentro de la filosofía Lean Construction conocido en español como “El Ultimo Planificador” permite desde la gerencia de proyectos el control de las actividades que se deben hacer, pueden hacer, deberían hacerse.

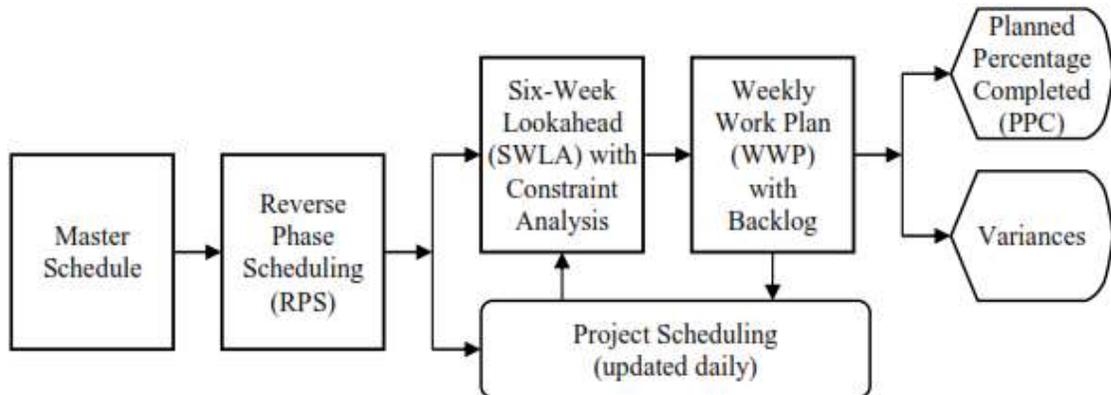
De acuerdo con el artículo escrito en la revista *Lean Construction Journal* en su volumen 2 del año 2005 describe este proceso de la siguiente manera. Last Planner System es un proceso llevado a cabo por un grupo de profesionales o un profesional el cual es garante de la

planificación operativa, en otras palabras, se realizan las asignaciones individuales de a nivel operativo para su finalización, para poder alcanzar los objetivos del LPS se utilizan las técnicas en un flujo de proceso que se describirán a continuación. [15].

Inicialmente el LPS se basa sobre un cronograma o Master Schedule el cual es el cimiento para un buen manejo de la herramienta Last Planner, como segundo paso se usa la programación invertida o Reverse Phase Scheduling (RPS) el cual consta de desarrollar un cronograma que funciona de atrás hacia adelante iniciando desde la fecha de entrega. Posteriormente se procede a realizar la programación de seis semanas o Lookahead six-weeks funciona como un programa de anticipación el cual consta de prever y reducir la incertidumbre de los trabajos a realizar a mediano plazo para luego continuar con el plan de trabajo semanal o Weekly Work Plan, este plan conlleva un seguimiento de las tareas y/o objetivos que se deberán desarrollar en la semana inmediata de la reunión en donde se ajustaran los planes de trabajo para ejecutar las tareas que se deben desarrollar, en esta reunión se planea y se decide lo que se debe y lo que se puede para ajustar todos los recursos necesarios y alcanzar los objetivos. En este proceso se da seguimiento a la calidad, seguridad, flujo de materiales, productividad y relación de los miembros de trabajo, así mismo se enfatiza en las lecciones aprendidas derivadas de la evaluación del plan de las partes cumplidas pues estas deben siempre estar por encima del 70%.

Esta es una herramienta bastante completa que permite ajustar el cronograma semanalmente y permite actualizar los objetivos a corto y largo plazo ajustando las desviaciones que se presentan en las obras.

Ilustración 17 Entradas, Salidas y herramientas de monitorear y controlar el proyecto.

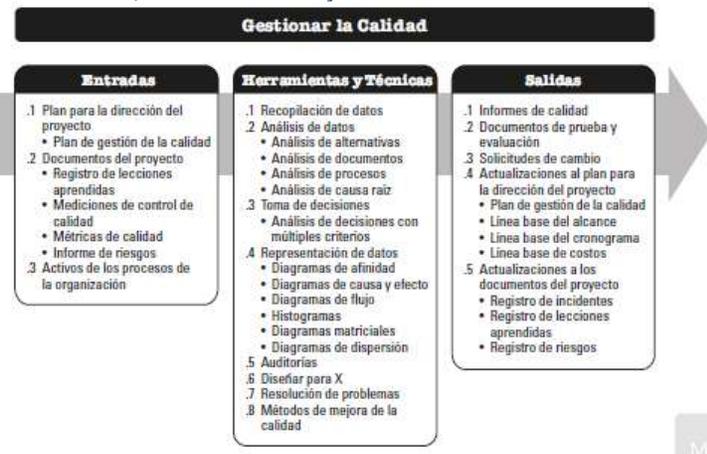


Fuente: Lean Construction Journal, Vol. 2, #2 [15].

## Control calidad

Uno de los pasos más importantes es el control de calidad para llegar a completar el proyecto con los más altos estándares. Un proyecto se puede llegar a completar, pero si no se alcanza con la calidad que requieren los interesados es un proyecto incompleto, la guía PMBOK establece que los beneficios sobre estos instrumentos son el incrementar la probabilidad de cumplir con la calidad requerida, así como identificar los procesos que son ineficientes y que producen baja calidad, continuación de identifican las entradas, herramientas y salidas de este instrumento [13]

Ilustración 18 Gestionar la calidad, entradas salidas y herramientas



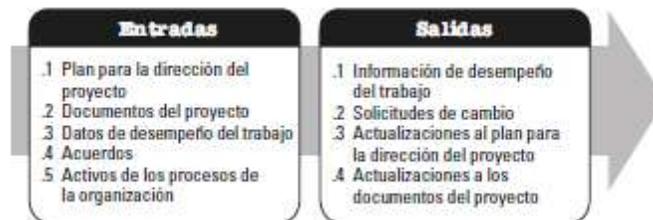
Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13]

La gestión de calidad involucra a todos los interesados, no en el mismo nivel ya que las funciones propias de cada cargo se diferencian en esfuerzos y tamaño, sin embargo, para una buena gestión de la calidad se es necesario que todos los interesados del proyecto estén en sintonía con la generación de estándares para el monitoreo de los productos a entregar.

### **Control de recursos.**

Esta herramienta es simple, ya que basado en el PMBOK se trata simplemente de monitorear y verificar que los recursos necesarios para cada tarea que compone el proyecto tenga los recursos necesarios para su desarrollo [13]. Esta labor se desarrolla a lo largo de todo el proyecto y el control se realiza para monitorear material, personal, equipos y herramientas entre otros, al igual que los otros instrumentos de la guía PMBOK posee entradas y salidas que ayudan a comprender mejor la herramienta y se muestran a continuación.

*Ilustración 19 Control de recursos, entradas y salidas*



*Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13]*

### **Cartas de balance**

Las cartas de balance son una herramienta dedicada al monitoreo y control específico de la mano de obra y maquinaria empleada en un proceso constructivo, este instrumento identifica con claridad los tiempos productivos, tiempos improductivos y los tiempos no contributivos de actividades específicas, con estas cartas de balance se busca identificar el porqué de la

baja producción en las actividades para tomar medidas correctivas y aplicarlas sobre las lecciones aprendidas.

Dentro de las actividades se debe tomar en cuenta el transporte, trasiegos actividades preventivas de seguridad etc. Pues todas estas están involucradas en la creación de un producto, transformación de la materia y/o culminación de un proyecto, todo esto para optimizar los procesos y actividades que intervienen en el proyecto.

### **Control de cambios**

Este proceso de acuerdo a la guía PMBOK es revisar que todas las solicitudes de cambio realizadas sobre el proyecto que se aprueben, gestionen y comuniquen, esto con el finde actualizar siempre el alcance y el plan de dirección del proyecto. igual forma se debe siempre evaluar los riesgos que los cambios tendrán sobre el proyecto, al igual que con las otras herramientas se muestra a continuación las entradas y salidas del control integrado de cambios [13]

*Ilustración 20 Control integrado de cambio, entradas y salidas*



*Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [13]*

#### 5.1.3.4 ETAPA 4. Cierre

##### **Validar el alcance**

La validación del alcance es el primer paso para realizar el cierre del proyecto y consta en validar los objetivos que se plantearon desde el inicio del proyecto con los datos recolectados durante la ejecución del mismo, este se valida con base en el tiempo que duro la obra y lo que se programó, el presupuesto ejecutado Vs el programado y comparar el alcance inicial con el alcance final del mismo.

Todo esto complementado con los datos adicionales que se recojan durante la obra y los que se crean pertinentes para cerrar el proyecto.

##### **Informes de desempeño**

Estos informes de desempeños son alimentados con todos los datos recolectados durante el transcurso del proyecto y su finalidad son analizar qué tan productivo fue el personal durante el proyecto con el fin de corregir movimientos o decisiones erróneas durante el proceso, estos informes se deben ajustar a las necesidades requeridas de la compañía y el proyecto.

Los informes no solo miden la productividad del personal operativo si no del buen manejo de los materiales y materia prima, se deben llevar durante el transcurso del proyecto hasta el final para su procesamiento de datos y análisis.

## **Cierre del proyecto**

De acuerdo con la guía PMBOK el cierre o fase del proyecto es el paso de finalizar todos los procesos y actividades los cuales se llevaron durante el proyecto, durante este paso toda la información y datos recolectados del proyecto se archivan, todo el recurso se libera para aplicarlos a nuevos esfuerzos y proyectos, los documentos para el cierre del proyecto son determinados por la compañía.

### 5.1.3.5 ETAPA 5. Plan de mejoramiento

#### **Lecciones aprendidas**

Las lecciones aprendidas son una fase muy importante dentro del desarrollo de un proyecto y para el desarrollo de una empresa, a través de las lecciones aprendidas se corrigen malas prácticas en el desarrollo de los proyectos ya que se puede utilizar este conocimiento para futuras decisiones y proyectos [13].

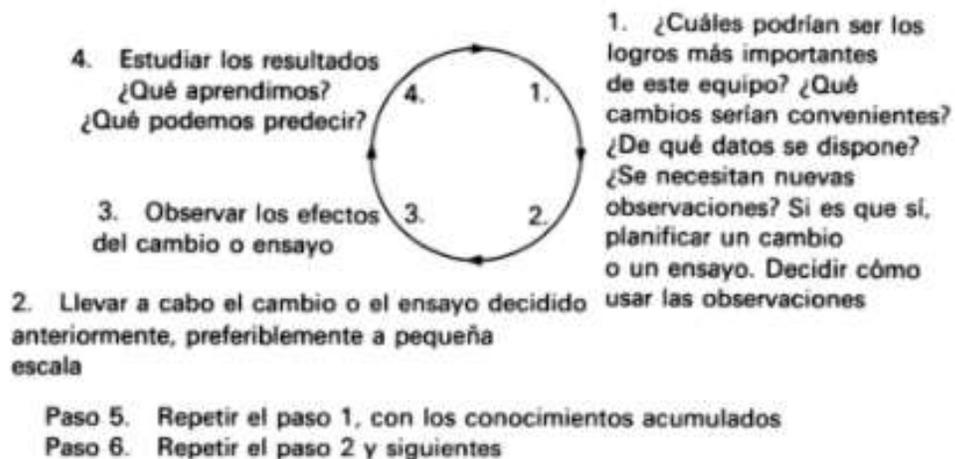
El registro de las lecciones aprendidas al igual que muchos de los procesos anteriores se deben registrar en formatos para realizar seguimientos de los mismos, en dichos formatos se deben registrar mínimo la categoría de la situación que se presentó, la descripción de la situación y el impacto que se generó en el proyecto por dicha situación, además de esto se deben dejar las recomendaciones y acciones propuestas para la solución de los problemas presentados.

#### **Ciclo Deming**

Como lo expone en su libro W. Eduard Deming *Calidad, productividad y competitividad* el circulo de Shewhart o como es más conocido el ciclo Deming es un procedimiento que busca

la mejora continua en cualquier etapa en la que se emplee, en el libro de describe el ciclo Deming en 4 paso, estos pasos se conocen comúnmente como planear, hacer, actuar y verificar, estos cuatro pasos se complementan con otros dos pasos adicionales que son repetir el paso 1, planear y el paso dos que es repetir el resto de los pasos generando un ciclo continuo de mejora [37].

Ilustración 21 Ciclo de Shewhart



Fuente: Guía PMBOK 6ta edición [37]

## Kaizen

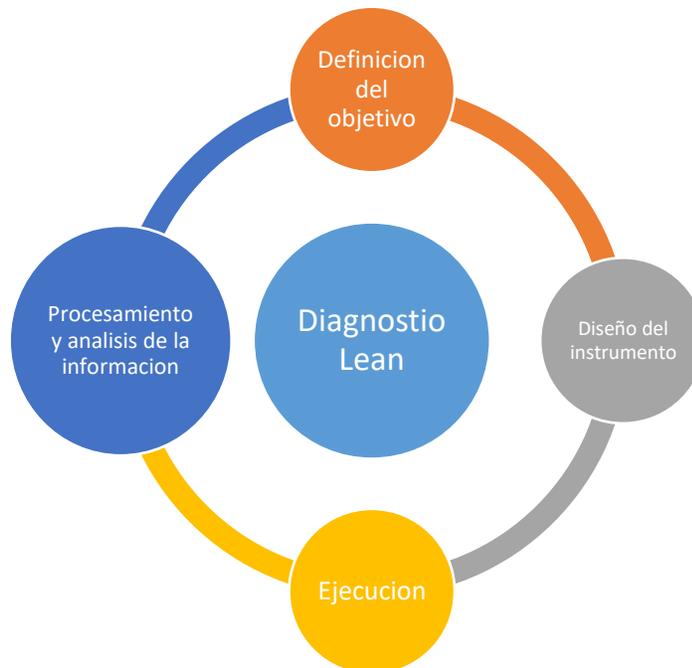
El plan de mejoramiento basado en la filosofía kaizen están compuesto por varias de las herramientas expuestas anteriormente como lo son la herramienta de las 5'S, el ciclo Deming, y herramientas Kanban entre otras. Estas herramientas trabajan entre si para generar datos suficientes para evaluar y generar las acciones de mejoramiento necesarias para alcanzar las metas propuestas, así se denota en el artículo realizado por Anthony Manos denominado *The Benefits of Kaizen and Kaizen Events* donde se manifiesta que estas herramientas se utilizan para generar cambios positivos de forma rápida y asertiva. [38]

## 5.2 Fase 2

5.2.1 Estudio de la empresa D.R. Construcciones por medio de herramientas anteriormente seleccionadas, entrevistas, encuestas y recolección de datos necesarios para su diagnóstico

De acuerdo a las evaluaciones de las herramientas vistas anteriormente, para la evaluación del estado de la empresa D.R. Construcciones se determinó que la mejor herramienta es el diagnóstico Lean, este diagnóstico se realizó por medio de una encuesta a la gerencia de la compañía, esta encuesta se determinó con base a la siguiente metodología:

*Ilustración 22 Metodología de la encuesta*



*Fuente: Guía PMBOK 6ta edición*

1.3 Definición del objetivo: como objetivo principal de la encuesta realizada, se determinó que se debía conocer el estado actual de la empresa con base en la figura 9 de este documento denominada diagnóstico Lean

2.3 Diseño del instrumento: se decidió que la mejor forma de llegar al objetivo y obtener la información de forma asertiva era a través de la técnica de la entrevista, se desarrolló

una guía de preguntas las cuales se adjuntan en este documento como guía para realizar la entrevista.

3.3 Ejecución: la realización de esta entrevista se realizó por video llamada siguiendo el documento como guía, durante la entrevista se profundizo y aclaro el objetivo de las preguntas y se profundizo en otras

4.3 Procesamiento y análisis: se realizó sobre la metodología y los objetivos planteados previamente, los resultados y el análisis se muestran a continuación.

### **Procesamiento y análisis de la entrevista**

A continuación, se muestran los datos recolectados durante la entrevista.

DR construcciones es una empresa dedicada a las obras civiles con gran profundización en el interiorismo, en la cual existen dos figuras gerenciales que coordinan todo el sistema gerencial de la compañía y fue a estos dos gerentes a los cuales se les realizo la entrevista con el fin de recolectar los datos esenciales desde la fuente primaria.

En la entrevista se identificó que en cuanto a los procedimientos gerenciales DR construcciones es una empresa que ha crecido atreves de la pericia obtenida a lo largo de su trayectoria, por esta razón cuenta con varios procesos bien estructurados, otros hace falta detallarlos y trabajarlos más y en otras áreas se deben implementar desde ceros herramientas de gerencia.

En la estrategia y estructura del diagnóstico realizado se evidencia una buena organización

en cuanto a la estructura de la empresa desarrollada de forma muy natural madurada por la experiencia, en donde los canales de comunicación no están estandarizados y las comunicaciones se manejan de forma verbal y análoga ya que la empresa por el volumen de trabajadores hasta el momento ha funcionado sin mayores inconvenientes a pesar de que los objetivos y metas no se comuniquen al resto de la estructura de la compañía.

En cuanto al diseño de los procesos y la compañía, se rigen bastante con las directrices que imparten los clientes y los datos que estos suministran para la proyección de los proyectos, la planificación y la estructuración de los mismos, no se tienen procesos específicos por lo que se rigen por la experticia adquirida por los años para proyección y estructuración.

En lo que respecta a la logística, para el control de contratistas y procesos de obra se acogen bastante a las proyecciones y delimitaciones de los clientes en los casos requeridos, de igual forma se evidencio que los residentes de obra manejan a su destreza la obra y proyectos, por lo cual no cuentan con protocolos o manuales de manejo establecidos, esto se evidencio de igual forma en el manejo de proveedores y clientes.

En el ámbito de operaciones, se encontraron planes básicos de control pero que carecen de seguimiento, se evidenciaron procesos que se producen de forma muy orgánica y natural dentro de la organización debido al paso del tiempo y su pericia adquirida, de igual forma se recogieron datos que en donde se evidencia carencia de herramientas para la mejora continua y solución de problemas, de igual forma se evidencio una carencia de en herramientas para el control y seguimiento dentro de los protocolos de la compañía.

En conclusión la encuesta arrojó que el crecimiento de la compañía y los procesos que esta posee se desarrollaron por pericia y experiencia de los trabajadores y gerentes que trabajan en la empresa, por el volumen de trabajadores de la empresa algunos procesos se manejan sin protocolos o guías de algún tipo, pero en otros casos se evidencian zonas grises dentro de los procesos que se manejan en el control y seguimiento de los proyectos, sobre todo con el control en producción y control de materiales.

A continuación, se presenta una tabla resumen en donde se evidenciarán las oportunidades de mejora dentro de la compañía DR Construcciones.

Tabla 16 Identificación de oportunidades

IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES DE MEJORA		
HALLAZGOS	OPORTUNIDAD DE MEJORA	HERRAMIENTA
1 Se cuenta con un tipo de organización empresarial dentro de la compañía, pero no se es claro que tipo de organización es y como debería funcionar	Identificar claramente que tipo organización es y como funciona.	
2 Se realizan planificaciones desde la parte gerencial en cuanto a las proyecciones e intenciones de la empresa a futuro, pero no es comunicada ni socializada con los equipos de trabajo	Se deben mejorar los canales de comunicación, y generar planes por escrito de las planificaciones, objetivos, proyecciones y nuevos proyectos, para ser comunicados a la compañía entera y todos tener los mismos objetivos y metas.	
3 La retroalimentación y seguimiento de los empleados de la empresa se realiza de forma espontanea y de forma verbal de acuerdo a las situaciones, informando de las acciones a cambiar, reforzar o el reconocimiento a un buen trabajo.	se deben generar herramientas de medición y rendimientos, al igual que historial de mejora continua para realizar las retroalimentaciones debidas.	
4 Los sistemas de comunicación de la empresa se realizan a travez de la herramienta que se crea pertinente para transmitir la informacion, es decir algunas veces se realiza de forma verbal, por whatsapp, por E-mail o por oficios, esto lo determina la persona que este realizando la comunicacion de los datos e informacion.	Si bien al ser una empresa pequeña y la comunicación se hace facil entre dependencias y trabajadores, se es necesario realizar una estandarizacion.  Se deben plantear protocolos de comunicación, ser socializados y dejar un estandar de acuerdo a las necesidades de la compañía y no dejarlo a la percepcion del comunicador.	► Plan para la direccion de proyectos,  ► Dirigir y gestionar el trabajo
5 En cuanto a la elaboracion de los proyectos desde su planeacion, se evidencio que la recopilacion de las necesidades del cliente y las restricciones que hay en los proyectos se realizan por medio de las entrevistas, pero no se generan en formatos estandarizados que permitan guiar a la empresa a travez de un modelo de identificacion para asi abarcar la mayor cantidad de informacion posible.	se recomienda generar flujogramas de los procesos de planificacion y estructuracion d ellos proyectos, asi como formatos para la caracterizacion del cliente y el proyecto, con el fin de no perder informacion vital y no generar costos adicionales o contratiempos durante la ejecucion.	► Plan para la direccion de proyectos, ► Dirigir y gestionar el trabajo ► Lineas base ► Identificacio n de perdidas ► EDT ► Restricciones

6	En cuanto la planificación de presupuestos, se realiza por parte del director de proyectos a través de la información suministrada por el cliente y las visitas a donde se va a realizar la obra teniendo en cuenta los componentes técnicos y de dificultad, pero no se revisa la variación del presupuesto de acuerdo al componente técnico para hacer un balance durante la ejecución y cierre.	Se deben realizar procesos para realizar la estandarización de cotizaciones y propuestas económicas, así mismo generar un plan para la dirección de proyectos y así mismo realizar seguimientos para poder realizar balances económicos y de procesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Plan para la dirección de proyectos,</li> <li>▶ Líneas base</li> <li>▶ Identificación de pérdidas</li> <li>▶ EDT</li> <li>▶ Restricciones</li> </ul>
7	No se cuentan con planes de gestión diseñados y preestablecidos, la planeación de los proyectos se realiza de forma muy orgánica y de acuerdo a la experiencia del director de proyectos, los planes de control de procesos se han ido formando a través de la experiencia adquirida a lo largo de los años, pero no han sido instaurados dentro de procesos en la compañía.	Se recomienda realizar planes de gestión estandarizados para planificar y ejecutar proyectos, esto con el fin de ejecutar todos los proyectos con los mismos parámetros y estándares, facilitando su planeación y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Plan para la dirección de proyectos,</li> </ul>
8	Durante las ejecuciones de los proyectos se le da libertad al residente de obra de manejar la obra según crea conveniente, este debe reportar a el director de proyectos pero se hace de igual forma según como crea conveniente, de igual forma no existen políticas de manejo de contratistas y proveedores, aunque si se les hace seguimiento,	Se deben implementar programas y protocolos de estandarización en general para la ejecución de las obras dentro de la compañía, esto mejora la capacidad de seguimiento y control en las obras por parte del director de proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Plan para la dirección de proyectos,</li> <li>▶ Dirigir y gestionar el trabajo</li> <li>▶ Gestionar los interesados</li> <li>▶ Gestionar los recursos</li> <li>▶ P.P.C</li> <li>▶ Last planner</li> <li>▶ Porcentaje de partes cumplidas</li> <li>▶ Control de calidad</li> </ul>
9	En la ejecución de las obras se lleva registro del material ingresado pero no de su salida y su aprovechamiento dentro de la obra, es decir no se tienen en cuenta los rendimientos y disposiciones por lo cual no se lleva un control del material y su correcto uso.	se deben realizar seguimientos del material en cuanto a: uso, rendimientos, desperdicios, cantidades y poder ser cotejados con el presupuesto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Dirigir y gestionar el trabajo</li> <li>▶ Gestionar recursos</li> <li>▶ Sistema Pull</li> <li>▶ Control de recursos</li> </ul>
10	Encuanto a sistemas de prevención de errores dentro de las obras, este esta determinado por el residente ya que la compañía no cuenta con protocolos al respecto	Estandarizar procesos de control y medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Last planner</li> <li>▶ Control de cambios</li> <li>▶ Control de calidad</li> <li>▶ Control triada</li> </ul>

11	En cuanto al control del éxito del proyecto no se realiza de forma individual, ya que se delimita al balance general de ganancias de la compañía en el año, por lo cual no se mide el desempeño de la compañía en proyectos individuales.	se deben realizar procesos de cierre de proyectos individuales, informando a la gerencia y la compañía el resultado de la obra y realizar balances.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Validar el alcance</li> <li>▶ Informes de desempeño</li> <li>▶ Cierre del proyecto</li> </ul>
12	En cuanto a plan de mejoramiento, no se posee información para realizarlo, ya que al no generar información en bases de datos de la ejecución de las obras y/o proyectos y llevar registro de las acciones que se realizan, no se pueden identificar las áreas en las cuales se deben realizar ajustes.	Se recomienda ejecutar y llevar registro de cada acción realizada por medio de las herramientas propuestas anteriormente, esto con el fin de realizar un plan de mejora continuo y así actualizar constantemente los procesos de la compañía a las necesidades de esta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lecciones aprendidas</li> <li>▶ Ciclo Deming</li> <li>▶ Kaizen</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.2 Creación de estrategias de seguimiento y control de obra.

Basándose en el análisis previamente realizado a la empresa DR construcciones y las herramientas seleccionadas de la metodología PMBOK y la filosofía Lean Construction se plantaron las metodologías y herramientas para el seguimiento y control de obra.

Es de resaltar que siguiendo los objetivos planteados al inicio de esta investigación solo se realizara énfasis en los capítulos de ejecución y control de obra, ya que el capítulo de planeación no entra dentro del alcance de esta investigación por lo cual se generaran solo unas recomendaciones, sin embargo, si se plantearan herramientas para el cierre y el plan de mejoramiento con el fin de cerrar el ciclo de las herramientas que se proponen.

En el área de planeación se recomiendan las siguientes acciones, si bien la estructura de la organización ha funcionado sin problemas aparentes y se desarrollan bien los proyectos, desde el área administrativa pasando por la ejecución y planeación, es necesario aterrizar

todos los planteamientos e ideas, ya que esto permite generar datos de medición, seguimiento y control. Esto con el fin de obtener mejores resultados y realizar mejoras continuas. Dentro de la planeación se recomiendan establecer parámetros de comunicación, metodologías de recolección de información para la planeación de proyectos y obras, identificación de pérdidas dentro de todo el flujograma y estructura de la compañía así mismo como en las obras.

Las anteriores recomendaciones se realizan con base en los resultados de la encuesta realizada, ya que de la implementación de las recomendaciones se generarán datos de entrada para las herramientas y procesos a ejecutar en la ejecución y control de las obras y proyectos.

#### 5.2.2.1 Estrategias y herramientas en fase de ejecución y control

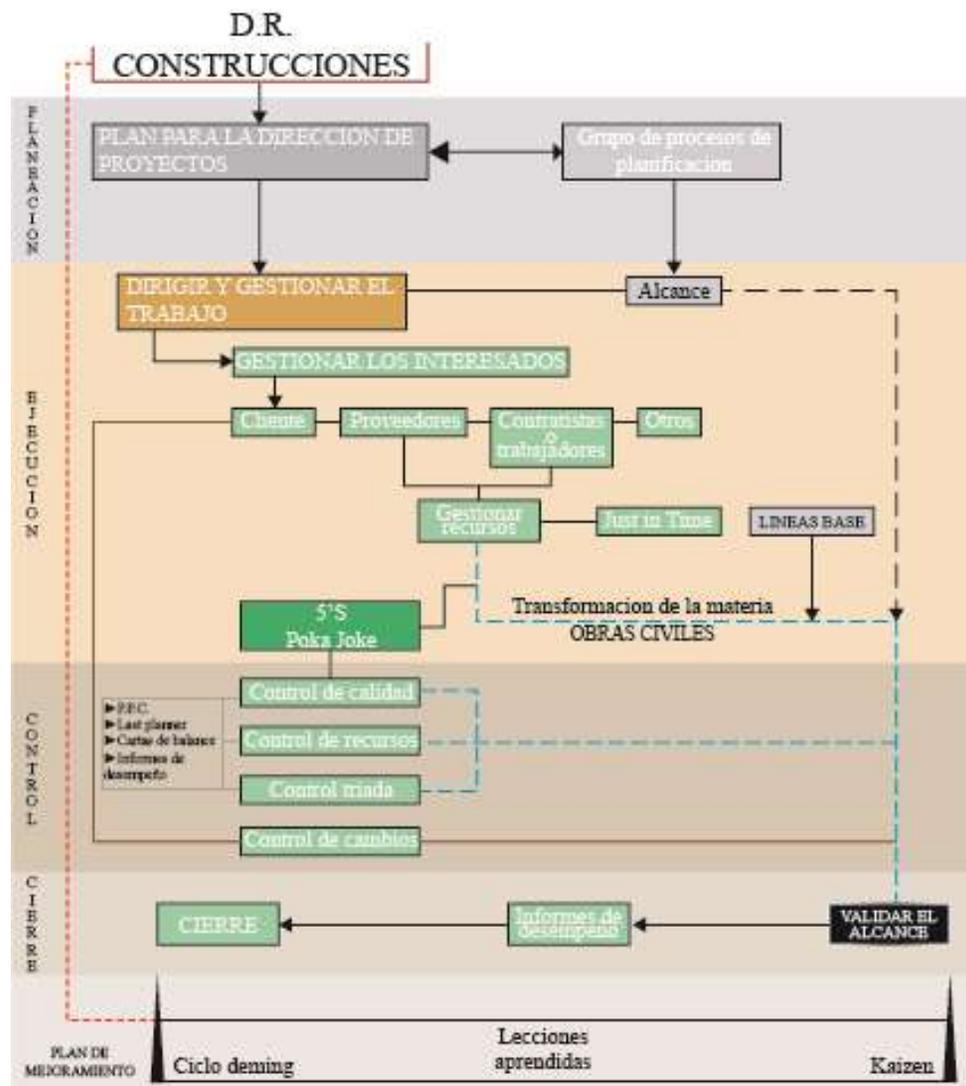
Dentro de las estrategias gerenciales propuestas para la ejecución de proyectos se encuentra la dirección y gestión del trabajo dentro de la obra, esta será la base que contenga todas las herramientas y metodologías a implementar dentro de la ejecución y control de la obra, es el modelo a seguir y se encuentra dentro del plan para la dirección del proyecto que se debe realizar previamente y fue una de las recomendaciones a realizar en las etapas de planeación.

Dentro de la estrategia que se plantea para la ejecución y control de obras se postula como principal interesado al cliente, ya que DR. Construcciones presta servicios como contratista de obra civil a otras empresas, además se focaliza al cliente ya que se priorizan sus necesidades teniendo en cuenta las líneas base, WBS y restricciones dentro del plan para la dirección de proyectos que se debe realizar en las etapas de planeación, con el fin de llegar a

los objetivos propuestos por el cliente y la compañía, además es de vital importancia resaltar que para la gerencia de DR Construcciones la interacción con el cliente y llegar a buen término con los objetivos de la obra es una prioridad.

A continuación, se muestra el flujograma de las herramientas y la metodología a implementar para la ejecución y control de obras dentro de la compañía DR. Construcciones.

Ilustración 23 Flujograma de metodología



Fuente: Elaboración propia

La idea principal del flujograma es identificar la ruta a seguir de por parte de la empresa para con los proyectos de construcción de obras civiles, y es a partir del plan para la dirección del proyecto que se deben realizar las acciones pertinentes para llegar a buen término con los proyectos utilizando como herramienta base en la ejecución de las obras el instrumento Dirigir y gestionar el trabajo, a partir de este se determina la ruta colocando como eje fundamental la gestión de interesados principalmente al cliente, para luego por medio de los contratistas y/o trabajadores además de los proveedores de materia prima realizar una gestión de los recursos de acuerdo al alcance y los objetivos de las obras de construcción. A través de la transformación de la materia en las obras para generar los entregables e como se pretende llegar a completar el alcance físico realizando control por medio de herramientas ya seleccionadas que se evidencia en la gráfica anterior previamente seleccionadas para la compañía D.R. Construcciones.

Habiendo llegado a feliz término con las obras y los alcances propuestos es de vital importancia recolectar la información procesarla y realizar el cierre pertinente, generando las lecciones aprendidas complementadas por las herramientas Kaizen y ciclo Deming con el fin de hacer una retroalimentación en la compañía y trabajadores, con esto se busca generar un ciclo interminable de autoaprendizaje con la unión de dos metodologías como la PMBOK y Lean construction.

A continuación, se describirán las herramientas a utilizar siguiendo la ruta mostrada en el grafico anterior ajustándose a las necesidades de la compañía.

#### 5.2.2.1.1 Gestionar los interesados

Siendo DR. Construcciones una compañía que en su mayoría de proyectos presta servicios como contratista de obras civiles no coordina la totalidad de la obra si no únicamente las actividades contratadas en su especialidad, por tal motivo es que su principal componente en la gestión de interesados y de donde arranca el proceso de la dirección y gestión del trabajo es el cliente.

Es importante tener una muy buena relación con el cliente y suplir todas las necesidades de este dentro del alcance acordado inicialmente, y es por esta razón que el primer acercamiento es importante ya que en este se definirán temas como, tiempos de entrega definitivas, entregas parciales, programación de actividades y coordinación con otros contratistas, además de definir los requerimientos para garantizar un buen trabajo.

#### **Cliente**

Para realizar un buen acercamiento inicial se debe solicitar y entregar la información en un formato que se denominara Acta\_Apertura\_Obra\_V1.0 (Anexo 1), a partir de este punto se determinan la información requerida por las partes para la correcta ejecución de las actividades de obra y mantener una buena relación sin cabida a malentendidos.

La relación con el residente de obra y/o el cliente es fundamental, al ser el cliente un interesado con poder e influencia constante en el proyecto y habiendo solicitado y analizado sus necesidades en la ejecución de la obra, se procede a seguir los procesos y herramientas

dentro del plan de gestión y dirección del trabajo para lograr los objetivos planteados. Sin embargo, se es necesario capacitar al residente y personal que tenga contacto con el cliente para comunicarse de forma adecuada y trabajar en conjunto para concluir en buen término las actividades de la obra, es por esta razón que la capacitación constante en obra de las actividades blandas por parte del residente y desde la gerencia son vitales.

De igual forma se es necesario que cualquier comunicación con el cliente en cuanto a PQRS (Peticiónes, quejas, reclamos y sugerencias) y decisiones que influyan constantemente en la obra se generen de forma escrita y sobre todo en la bitácora de obra, con esto se busca evitar problemas en cuanto a la comunicación y decisiones tomadas en obra por las partes.

### **Proveedores**

Los proveedores son una parte esencial dentro de la estructura del proyecto ya que proveen la materia prima que se transformara en los entregables o productos a entregar al cliente, pero dentro de la directa ejecución de la obra el manejo como interesado se resume a la correcta recepción de los materiales o productos necesarios, teniendo en cuenta las dimensiones del material y restricciones previamente evaluadas dentro de la fase de planeación, para la correcta recepción del material es fundamental que el residente y/o almacenista conozca las propiedades y cualidades optimas del material para poder entregar un producto de calidad, por lo cual se deben conocer los términos y condiciones del transporte y los pasos a seguir del proveedor para la devolución o garantía de algún elemento.

### **Contratistas o trabajadores**

La orientación de los contratistas y/o trabajadores dentro de la estructura de la ejecución de obras es primordial, ya que hacen posible los entregables con la calidad y cualidades requeridas por el cliente, para este caso la comunicación asertiva es esencial, se realiza de forma verbal y directa dentro la obra, este interesado no toma decisiones sobre el proyecto pero si tiene una influencia bastante alta en él, razón por la cual el liderazgo y el poder de decisión sobre el personal es fundamental. Se identifico durante las encuestas que el residente tiene total libertad sobre el proyecto, pero no sobre los trabajadores en ciertas situaciones, esto debido a que en la mayoría de trabajos la compañía DR Construcciones subcontrata actividades y es el contratista el que tiene mayor poder de decisión sobre los trabajadores que este incluye en el proyecto, esto genera una división de poderes dentro de la dirección de la obra en cuanto a actividades a desarrollar, no sobre la parte técnica.

El residente con tal de proveer al cliente una correcta ejecución y dirección de las actividades a realizar por parte de la compañía debe poseer el poder y el liderazgo para tomar decisiones sobre las acciones del personal en obra, en cuanto a las actividades técnicas y de comportamiento, al igual que la disposición de este en los frentes de trabajo ya que esto genera que el cliente solo tenga un canal de comunicación con la empresa el cual es el residente y este sea capaz de proveer soluciones rápidas y efectivas al cliente, sin necesidad de sobrecargar trabajo a las áreas de dirección de proyecto de la empresa.

Todo esto apoyado en las capacitaciones de habilidades blandas que se otorguen por parte de la empresa al líder del grupo de trabajo en obra y a sus dependientes. Esto generara un

lenguaje homogéneo entre las estructuras de la empresa en obra mejorando la interacción con el cliente y mejorando las cadenas de trabajo.

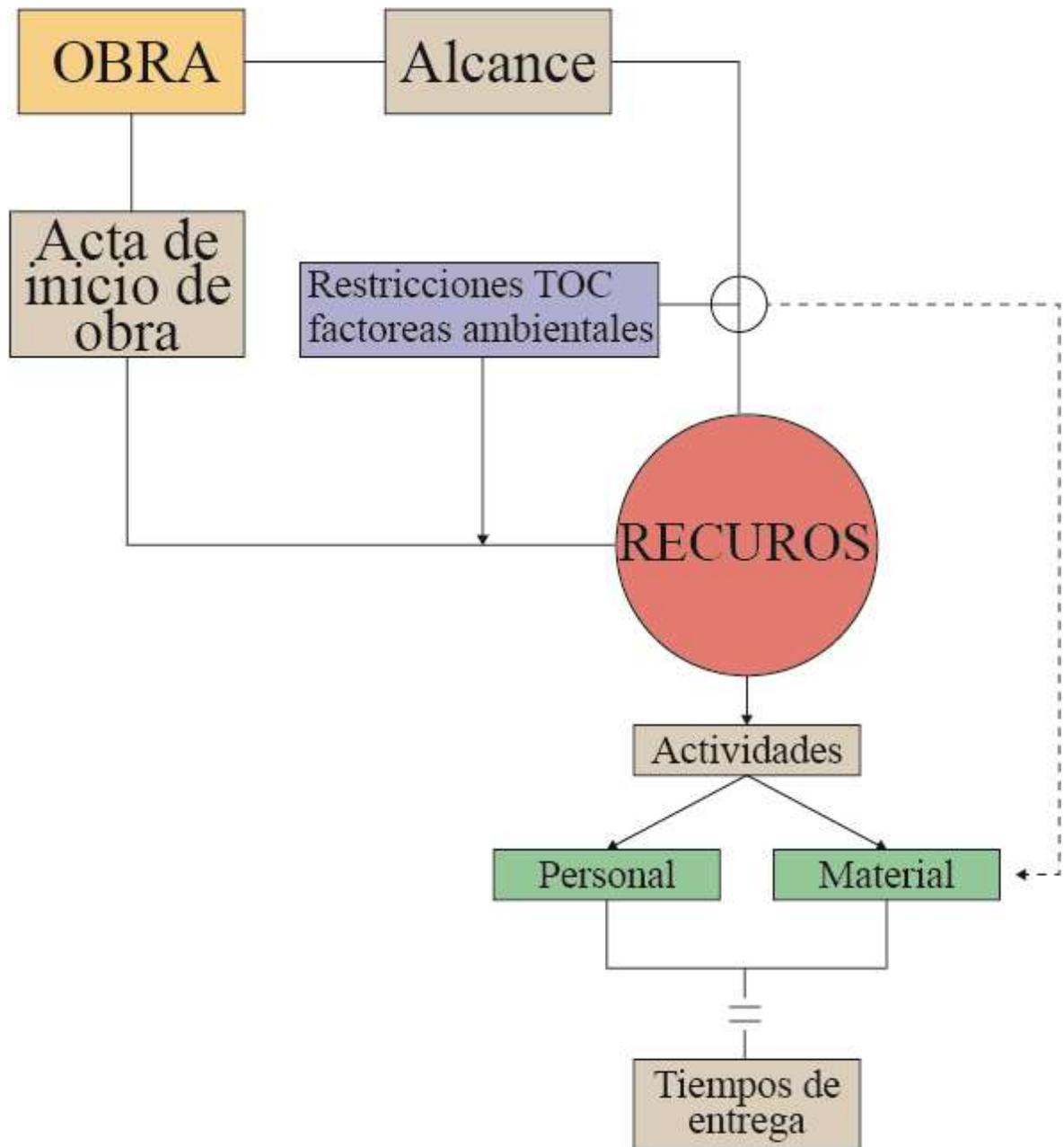
#### 5.2.2.1.2 Gestionar los recursos

Para realizar una buena gestión de los recursos necesarios para completar el alcance de la obra se requiere de información previa, esta información es suministrada desde el acta de inicio de obra y de los grupos de procesos de planeación en donde se establece el alcance completo de las actividades a desarrollar en obra, esta información permite establecer el número de personal requerido en obra y el material necesario para el trabajo, a través de la ayuda del sistema Just in time se determina el requerimiento de materiales necesarios durante cada proceso de la obra con el fin de que nunca falte ningún material o personal para las actividades.

A continuación, se muestra una gráfica en donde se evidencia el modelo de actividades a realizar para determinar la asignación de equipo y, asignación de recursos por actividades. A partir del alcance y acata de inicio de obra se determinan los recursos necesarios teniendo en cuenta las restricciones y los factores ambientales de la empresa, a partir de este punto se distribuirán los responsables, actividades y las cuadrillas para cada actividad junto con el material necesario y los tiempos de entrega, cabe de resaltar que uno de los pasos más importantes en la gestión de recursos es determinar la forma de suplir la obra de materiales basándose las restricciones y factores ambientales para no tener perdidas por sobredimensionar el acopio ni realizar movimientos adicionales del material generando

daños en el mismo, más adelante esto ayudara a llevar control de los materiales y el tiempo asignado a cada actividad.

Ilustración 24 Flujo de gestión de recursos



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 25 Entradas y salidas Adquirir recursos.



Fuente: Elaboración propia

### **Transformación de la materia prima**

Esta no es una herramienta si no una fase dentro del proceso, en esta fase se utilizan los recursos del personal para transformar la materia prima adquirida a los proveedores para generar los entregables que se acordaron en el alcance del proyecto en los tiempos suministrados en el acta de inicio de obra, estas fechas están sujetas a cambios y actualizaciones, por lo cual se debe realizar los mismos reajustes en los equipos y materiales requeridos.

Esta fase se lleva a cabo hasta la culminación de todas las actividades y haber alcanzado la meta del alcance, en esta fase se ejecutan las herramientas de control para así ajustar los procesos de transformación de la materia y lograr un balance entre lo que se quiere y lo que se debe hacer implementando instrumentos como Poka Yoke para generar manuales de los procesos de instalación y construcción de cada uno de los elementos a entregar además de las 5'S en todos los procesos.

#### 5.2.2.1.3 Control de calidad

Desde el plan para la dirección de proyectos se debe realizar un manual de como son los procesos constructivos de cada actividad a realizar, así mismo se deben realizar protocolos y procesos de cómo realizar los controles de calidad a cada actividad para ejecutarlos en el control de calidad, estos controles de calidad dentro de la compañía D.R. Construcciones se deben llevar a cabo por el residente de obra en colaboración con el encargado por parte del contratista, para estos controles de calidad se es necesaria la entrada de información como el plan para la dirección del proyecto, los documentos del proyecto, las cantidades de obra y las especificaciones del producto a entregar realizadas en las actas de inicio.

Para gestionar la calidad y controlarla se utilizara la herramienta Poka Yoke en la cual se describirá el paso a paso de cada elemento a entregar con las características técnicas, esto con el fin de que los residentes puedan seguir los lineamientos y guiarse en los procesos constructivos así no tengan todo el conocimiento necesarios, por otro lado durante la transformación de la materia a los entregables se realizara seguimiento a través de las señales Kanban que se ubicaran en los elementos a entregar con el siguiente formato denominado Seguimiento\_de\_Actividades\_Kanban\_V1.0 este será alimentado con las actas de inicio y las características de los elementos a entregar dadas por el cliente.

De igual forma se deben realizar capacitaciones no solo a los trabajadores directos de la empresa si no a sus colaboradores, tanto en los procesos y protocolos como en las formas técnicas de operación he instalación, esto permitirá generar calidad no solo con el seguimiento si no desde la ejecución de las actividades.

#### 5.2.2.1.4 Control de recursos

Para realizar el control de recursos de mano de obra en las obras se utilizarán cartas de balance como informes de desempeño para monitorizar los trabajos durante las obras, esto permitirá evaluar los frentes de trabajo y reorganizar las proyecciones realizadas de ejecución para así mismo realizar ajustes de los frentes de trabajo de ser necesario y retroalimentar las lecciones aprendidas para obras futuras.

Dentro de la carta de balance se evaluarán los siguientes componentes en el formato denominado Carta\_de\_Balance\_V1.0:

**Tiempo productivo:** El trabajo productivo es el tiempo empleado por la mano de obra en realizar una actividad de producción que genera valor a la obra.

Ej: Instalación de lámina de drywall, Instalación de pisos

**Tiempo Contributivo:** Es el tiempo empleado por los trabajadores en actividades que apoyan las actividades productivas.

Ej: Trasiegos, movimientos de material, mediciones, cortes, replanteos

**Tiempo no contributivo:** Tiempos que no aportan al valor de las actividades.

Ej: Descansos, capacitaciones, esperas.

Con el análisis de esta información se determinara como se está empleando el tiempo en obra para hacer seguimiento y ajustes, así mismo se deberá generar un registro y control de los materiales que ingresan a la obra para introducir la información necesaria a las herramientas de gestión de recursos como el Just in time, este control del material se realizara por medio de una base de datos en la que se debe calcular el total de materiales que se necesitaran en la obra para el total de las actividades programadas en la obra y así realizar las solicitudes de

materiales necesarios para las actividades a desarrollar durante las siguientes dos semanas y así reducir tiempos y costos en transporte, para luego en la base de datos denominada Base\_Datos\_Control\_Material\_V1.0 realizar los ingresos y salidas de materiales y por medio de señales Kanban se controlara el inventario de materiales en obra según las necesidades de la misma teniendo en cuenta los espacios de acopio.

En el formato de control de materiales se dará ingreso a los materiales según las actividades a desarrollar dentro de las 2 semanas siguientes o según se determine en obra, así mismo se darán las salidas de los materiales y cotejándolo según cortes de avance de obra el material usado y el proyectado a usar para determinar el buen uso de los materiales, el formato para los cortes de obra que alimentara la base de datos de control de material se denominará Corte\_Obra\_V1.0.

Las señales Kanban a usar dentro de la obra para ayudar al control del inventario son muy sencillas, pero ayudaran al control visual de la cantidad de materiales en obra, esta señal será modificada por los trabajadores o el almacenista según sea el caso el formato de esta señal se denomina Señal\_Inventario\_Kanban\_V1.0.

#### 5.2.2.1.5 Control triada

El control de la triada está enfocado al costo, tiempo alcance, siendo este proyecto enfocado al control y seguimiento y teniendo como limitante de esta investigación apartar el ámbito económico por cuestiones de tratamiento de datos por parte de la empresa D.R.

Construcciones se dará atención solamente a el tiempo y el alcance, de igual forma para la parte de presupuesto se recomienda ejercer control haciendo seguimiento en el costo real causado Vs el costo tomando como herramienta el valor ganado.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las obras en las que actúa esta compañía son obras en las que actúa como contratista es el cliente el que determina el cronograma de entregas parciales y definitivas, razón por la cual es imperativo exigir al cliente estas fechas desde el inicio para realizar una programación interna y poder hacer seguimiento a los entregables y responsabilidades adquiridas las cuales deberán ser consignadas en el acta de inicio de obra.

Dentro del control del alcance, los cortes de obra diligenciados en los formatos de Corte\_Obra\_V1.0 expondrán las cantidades programadas Vs las ejecutadas y en las cuales se evidenciará si se ha llegado al alcance en cuanto a las cantidades de obra o si por el contrario las cantidades presupuestadas no fueron suficientes para informar inmediatamente al cliente sobre los hallazgos encontrados y generar la solución al inconveniente evidenciado.

Para realizar control del tiempo y el alcance se utilizarán las herramientas Last planner y porcentaje de partes cumplidas, en estas herramientas se monitorea el proyecto a largo y corto alcance junto con los compromisos adquiridos con el cliente semanalmente ya que son estos los que determinan las actividades urgentes a realizar en la semana.

### **Last Planner**

El last planner system se realizara de la mano con el cliente, durante las sesiones de comité de obra este designara tareas específicas a corto o mediano plazo para cada contratista, a

partir de esto el residente de obra de D.R. Construcciones junto con el personal en obra realizarán una reunión en la cual se evaluará la probabilidad de alcanzar las metas propuestas por el cliente y se designarán compromisos individuales para cada cuadrilla dentro de la obra con el fin de que cada miembro del equipo esté involucrado y comprometido con los compromisos que se adquieren, estos compromisos serán designados el formato denominado Acta\_Last\_Planner\_V1.0.

En el formato del last planner se indicarán los compromisos adquiridos los responsables, generando desde ese momento un plan general de actividades semanal, siguiendo dicho plan dentro del formato de last planner se incluirá la sección de evaluación de las tareas y compromisos adquiridos que se la evaluación de partes cumplidas. En la evaluación de partes cumplidas se evaluarán causas de no cumplimiento como falta de información, actividades predecesoras sin completar, falta de materiales, falta de mano de obra, imprevistos y cualquier otro tipo de causas que se consideren pertinentes, por otro lado, se evaluará el área de seguridad en el trabajo ya que la producción y el área de seguridad deben trabajar de la mano.

Según las cantidades de obra semanales se ingresará el porcentaje de cumplimiento alcanzado y se evaluará el porcentaje de cumplimiento determinando que por encima de un 80% es excelente, de un 65% a un 79% es regular y se deben generar acciones de mejoramiento y que de un 64% hacia abajo es malo y se deben tomar acciones correctivas de forma urgente, es de aclarar que se deben tener en cuenta las causas de no cumplimiento y los informes anteriores como las cartas de balance para generar un dictamen de las razones por las cuales

se obtuvo el porcentaje que se obtuvo y evidenciar siempre las oportunidades de mejora en cada proceso.

#### 5.2.2.1.6 5'S

Las 5'S como es explico anteriormente representa la base para cualquier metodología y es que su principio se enfoca en seleccionar, organizar, limpiar, estandarizar y realizar seguimiento, estas bases se deben llevar en todos los procesos que se generen en la compañía.

#### 5.2.2.1.7 Control de cambios

Lo primero es entender que el control de cambios se puede generar no solo desde el cliente hacia la compañía, si no que puede generarse desde el la compañía al cliente o en si desde cualquier interesado que influya en el proyecto.

Lo primero documentar la propuesta de cambio en el formato Solicitud\_Cambio\_V1.0, en este se propone el cambio a generar en el proyecto y se demuestra el impacto que tendría en el proyecto para luego tomar la decisión entre los interesados, ya tomada la decisión se realiza o no el cambio y se genera el cierre sobre el mismo.

Es de aclarar que una vez es cambio sea aprobado entrará dentro del alcance del proyecto y deberá seguir los procesos de ejecución y control conforme al flujograma propuesta anteriormente.

#### 5.2.2.1.8 Validar el alcance

Para realizar la validación del alcance se requiere de todo el resumen de la información

recopilada durante el proceso de construcción ya que serán es soporte para la validación.

La acción de validar el alcance se resume en la realización de los cortes parciales y el corte final de pago de las actividades contratadas, en este paso indicaremos al cliente que las actividades que se han ejecutado en determinadas fechas están culminadas y certificadas por medio del control de calidad y sus formatos de soporte, cada cliente tiene su propia metodología de corte de obra a lo cual la compañía se deje adherir, pero los soportes deben ser siempre los mismos como las cortes ce obra realizados a los colaboradores de la compañía los cuales servirán de guía para realizar los cortes de obra con el cliente y cotejar las cantidades contratadas con las cantidades ejecutadas, el soporte de last planner indicara que se cumplieron las actividades en los tiempos acordados y el control de calidad la característica técnica aprobada por el cliente.

En cuanto a la validación de económica del proyecto se deben formular una metodología la cual se enfoque realiza una recolección de datos pertinente para poder hacer el análisis financiero durante la ejecución y al final de la misma para poder evaluar si se cumplieron los objetivos económicos de la compañía para cada proyecto, este paso se deja planteado al no estar dentro del alcance de esta investigación.

#### 5.2.2.1.9 Informes de desempeño

Estos informes de desempeño no son más que la totalización de la información recolectadas con las herramientas anteriormente utilizadas, en donde se midieron tiempos de producción

cantidad producida, objetivos cumplidos en los plazos tanto físicos como económicos, estas evaluaciones totales servirán en primera instancia realizar una retroalimentación a la empresa y a los colaboradores, segundo sirve para evaluar a los trabajadores y colaboradores que estuvieron trabajando en el proyecto con el fin de generar llamados de atención a la mejora con un plan de mejoramiento continuo y tomar las medidas correspondientes para futuros proyectos.

#### 5.2.2.1.10 Cierre

El cierre del proyecto se formaliza en un formato en el cual se estipula que se realizaron todas las actividades requeridas por el cliente en los tiempos estipulados y con las características y garantías técnicas deseadas, por lo cual se cierran y finalizan todas las actividades administrativas y de mano de obra con respecto al proyecto, el formato se denomina Acta\_Cierre\_V1.0.

#### 5.2.2.1.11 Plan de mejoramiento

Al cierre de un proyecto o durante el mismo se realizará el plan de mejoramiento utilizando herramientas como las lecciones aprendidas, ciclo Deming y la herramienta kaizen a través de las 5'S.

Para iniciar se deben registrar en el formato denominado Lecciones\_Aprendidas\_V1.0 los problemas que se presenten en la obra, ya sean de índole técnica, de seguridad o administrativa, en dicho formato se describirá a detalle la situación que se presentó y las

posibles causas, de igual manera se debe registrar si hubo alguna solución y cual fue para darle cierre al incidente, a partir de este punto se ingresa la información al ciclo Deming.

La primera fase del ciclo Deming se denomina Planificar, en esta fase es donde se ingresa la información recolectada en el formato de lecciones aprendidas, en este paso se genera un grupo de trabajo con los involucrados en el incidente con el fin de identificar el problema, la causa y el plan de ajuste para evitar repetición. En la fase dos se encuentra hacer, en esta fase se desarrollan los planes pilotos para la prevención del problema encontrados. En la fase 3 se encuentra verificar, en la cual se comprobarán los resultados obtenidos por las mejoras planteadas, si no se encuentran los resultados deseados se vuelve a realizar el paso 1-2 y 3 hasta obtener los efectos deseados dentro de la compañía. La fase 4 se denomina actuar, y en esta fase se ejecutan las mejoras en todas las cadenas de valor que lo quieran.

La recopilación de datos y los efectos obtenidos se deben socializar con todo el proyecto si este está en curso todavía y con toda la compañía, esto es vital para que todas las estructuras de la compañía comprendan la importancia de el plan de mejoramiento y para que los efectos de los cambios sean permanentes y no se repitan los mismos errores.

### **5.3 Fase 3**

#### **5.3.1 Implementación de estrategias dentro de un caso de estudio**

##### **Caso de estudio**

Para caso de estudio se tomó una obra realizada en el año 2020, una obra que estuvo inmersa en una crisis mundial por cuenta de la corona virus, a continuación, se darán los detalles generales de la obra.

**Cliente:** AEI Spaces

**Proyecto:** Glaxo Consumo

**Ubicación:** Torre Samsung ubicada en la dirección Carrera 7 No. 113-43, Bogotá, barrio Hacienda Santa Barbara.

**Objeto:** Como alcance del proyecto se realizaron todas las adecuaciones en sistema liviano seco, estas adecuaciones tenían contemplado la construcción de muros, cielos rasos, dinteles, cortineros y demás figuras incluidas dentro de los diseños entregados por el cliente, todos los elementos se entregaron con acabado tipo 4 y una mano de pintura.

**Tiempo estimado:** 4 meses.

A continuación, se presentan las cantidades de obra presupuestadas.

Tabla 17 Cantidades de obra

PROYECTO GLAXO CONSUMO			
MUROS Y CIELOS RASOS	DETALLES	UN	CANT.
MURO DRYWALL UNA CARA - M2	M-08 BASE 9	M2	70,00
MURO DRYWALL UNA CARA - ML	M-08 BASE 9	ML	8,00
MURO DRYWALL UNA CARA - M2	M-05 BASE 6	M2	150,00
MURO DRYWALL UNA CARA - ML	M-05 BASE 6	ML	67,00
MURO EN DRYWALL DOS CARAS DOBLE LAMINA DE CADA LADO CON FRESCASA -M2	M-03 BASE 9 Frescasa de 2"1/2	M2	280,00
MURO EN DRYWALL DOS CARAS DOBLE LAMINA DE CADA LADO CON FRESCASA -ML	M-03 BASE 9 Frescasa de 2"1/2	ML	8,00
MURO DRYWALL RESISTENTE AL FUEGO UNA CARA - ML	M-15 RH BASE 9 DOBLE LAMINA	ML	8,00
MURO DRYWALL UNA CARA CON FRESCASA - M2	M-06 BASE 9 Frescasa de 2"1/2	M2	30,00
MURO DRYWALL UNA CARA CON FRESCASA - M2	M-10 BASE 9 Frescasa de 2"1/2	M2	75,00
MURO DRYWALL UNA CARA CON FRESCASA - M2	M-9 BASE 6 Frescasa de 2"1/2	M2	75,00
MURO DRYWALL DOS CARAS - M2	M-01 BASE 9	M2	200,00
MURO DRYWALL DOS CARAS - ML	M-01 BASE 9	ML	23,00
MURO DRYWALL RESISTENTE A LA HUMEDAD DOS CARAS - M2	M-16 BASE 9	M2	150,00
MURO DRYWALL DOS CARAS CADA UNA CON DOBLE LAMINA RESISTENTE AL FUEGO - M2	M-15 DOBLE LAMINA	M2	60,00
MURO DRYWALL DOS CARAS CADA UNA CON DOBLE LAMINA RESISTENTE AL FUEGO - ML	M-15 DOBLE LAMINA	ML	8,00
MURO DRYWALL RESISTENTE AL FUEGO DOS CARAS CON FRESCASA - M2	M-14 RESISTENTE AL FUEGO Frescasa de 2"1/2	M2	15,00
MURO DRYWALL DOBLE ESTRUCTURA DOS CARAS CON FRESCASA - M2	M18-DOBLE BASE 6 Frescasa de 2"1/2	M2	85,30
MURO DRYWALL DOBLE ESTRUCTURA DOS CARAS CON FRESCASA - ML	M18-DOBLE BASE 6 Frescasa de 2"1/2	ML	8,00
MURO DRYWALL DOBLE ESTRUCTURA DOS CARAS RESISTENTE A LA HUMEDAD - ML	M19-BASE 6 DOBLE BASE	M2	40,00
MURO DRYWALL MIXTO DOS CARAS - M2	M-12 MIXTO CERAMIC BASE Y DRYWALL	M2	50,00
MURO SUPERBOARD UNA CARA - M2	M-13 CERAMIC BASE BASE 9	M2	25,00
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL 12CM DOS CARAS	M2	40,20
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL 12CM DOS CARAS	ML	10,50
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL 7CM UN CARA	M2	100,37
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL 7CM UN CARA	ML	10,00
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL RF 12CM UN CARA	M2	15,00
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL RF 12CM UN CARA	ML	0,00
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL RH 12CM UN CARA	M2	10,00
DINTELDRYWALL	DINTEL EN DRYWALL RH 12CM UN CARA	ML	0,00
DINTEL DRY WALL	DINTEL EN DRYWALL 15 CON FRESCASA CM DOS CARAS	M2	110,35
CIELO RASO DRYWALL - M2		M2	115,40
CIELO RASO DRYWALL - ML		ML	10,00
CIELO RASO DRYWALL CON FRESCASA - M2	Frescasa de 2"1/2	M2	196,74
CIELO RASO DRYWALL CON FRESCASA - ML	Frescasa de 2"1/2	ML	131,00
CIELO RASO DRYWALL RH - M2		M2	44,60
CIELO RASO DRYWALL RH - ML		ML	0,00
CIELO RASO DRYWALL EXSOUND - M2		M2	85,60
CIELO RASO DRYWALL EXSOUND - ML		ML	0,00
CIELO RASO EN FIGURA ESPECIAL - M2	NICHO DE ILUMINACION SALA FLEXIBLE	M2	27,78
TAPAS DRYWALL	TAPA DRYWALL	ML	234,00
TAPAS DRYWALL	TAPA DRYWALL PARA SALAS DOBLE LAMINA	ML	10,46
TAPAS DRYWALL	TAPA DRYWALL RH	ML	51,80
TAPAS DRYWALL	TAPA DRYWALL RF	ML	18,50
ESQUINERO	Filos en cinta metálica	ML	1.380,00
DILATACION		ML	498,34
DILATACION		ML	82,00
CAJADE INSPECCION CON PERFILERIA EN ALUMINIO		UND	45,00
PERFORACIONES	PARA ILUMINACIÓN PEQUEÑA	UND	108,00
APERTURA DE HUECOS - UND	PARA REJILLAS E ILUMINACIÓN LINEAL	UND	10,00
TAPADA DE HUECOS EN DRYWALL		UND	64,80
REFUERZOS DE MADERA - ML	PARA PUERTAS, FACHADAS (Se contempla refuerzo en madera en pino tratado de hasta 8 cms de ancho x 18 mm de espesor)	ML	280,00
REFUERZOS DE MADERA - UND	EN QUINTUPLEX DE 60X60 PARA TVs	UND	15,00
MEMBRANA ACUSTICA - M2	Membrana acústica de 3mm	M2	34,28
ESPUMA ACUSTICA - M2		M2	544,00
CORTINERO FACHADA SALAS INCL REFUERZO	DINTEL A DOS CARAS + REFUERZO EN MADERA (Se contempla refuerzo en madera pino tratado de hasta 20 cms de ancho x 18 mm de espesor)	ML	46,40
CORTINERO FACHADA OFICINA ABIERTA INCL REFUERZO	DINTEL A DOS CARAS + REFUERZO EN MADERA (Se contempla refuerzo en madera pino tratado de hasta 20 cms de ancho x 18 mm de espesor)	ML	132,71
ESTAMPILLADO PARA MURO O CIELO RASO - M2	M-09 LAMINA ESTAMPILLADA	M2	95,40
ESTAMPILLADO PARA MURO O CIELO RASO - ML	M-09 LAMINA ESTAMPILLADA	ML	10,50
FRESCASA CUARTO ELECTRICO	Frescasa de 2"1/2	M2	42,00
CURVAS NICHO PARA ILUMINACION SALA FLEXIBLE		UND	8,00
DINTEL EN DRYWALL CURVO ALTURA:1,20		UND	5,00

Fuente: D.R. Construcciones

para obtener una visión más clara del desarrollo de este proyecto se realizó una línea del tiempo, en esta se muestran los hitos de entrega estimados por el cliente, a partir de esta línea del tiempo se describe el desarrollo de la obra y los problemas e inconvenientes que se presentaron en el transcurso de esta.

Ilustración 26 Línea de tiempo obra



Fuente: Elaboración propia

## **Descripción histórica de la obra**

El inicio de la obra se dio el 04 de marzo del año 2020, en el inicio se realizaron las reuniones requeridas con el residente de obra del cliente para realizar las primeras coordinaciones de trabajo, así mismo se identificaron las áreas de trasiego y la cantidad de material necesario para iniciar con los primeros entregables de la obra. Los primeros días transcurrieron con total normalidad, trabajando en horario nocturno ya que en el resto de los pisos del edificio se encontraban arrendados y en funcionamiento. El primer contratiempo se generó el 25 de marzo con el inicio de las cuarentenas a nivel Bogotá, esta cuarentena obligo a una suspensión completa de las actividades de la obra hasta el día 15 de abril cuando se otorgó permiso de continuar con las actividades de la obra por parte de la alcaldía, un factor importante a resaltar es que por cuenta de la pandemia las actividades en las oficinas en el edificio donde se llevó a cabo la obra quedaron suspendidas, esto genero que se pudieran realizar actividades de obra durante el día.

Durante el transcurso de las actividades después de la reactivación de obra, se generaron cuarentenas locales que generaron que el personal de obra bajara considerablemente y se alargaran más las actividades, así mismo se detectaron problemas como:

-Falta de coordinación en solicitud de materiales

-Falta de realizar previsión de restricciones

-Falta de planeación en las actividades

-Falta de control de materiales

-Falta de estandarización en control de calidad

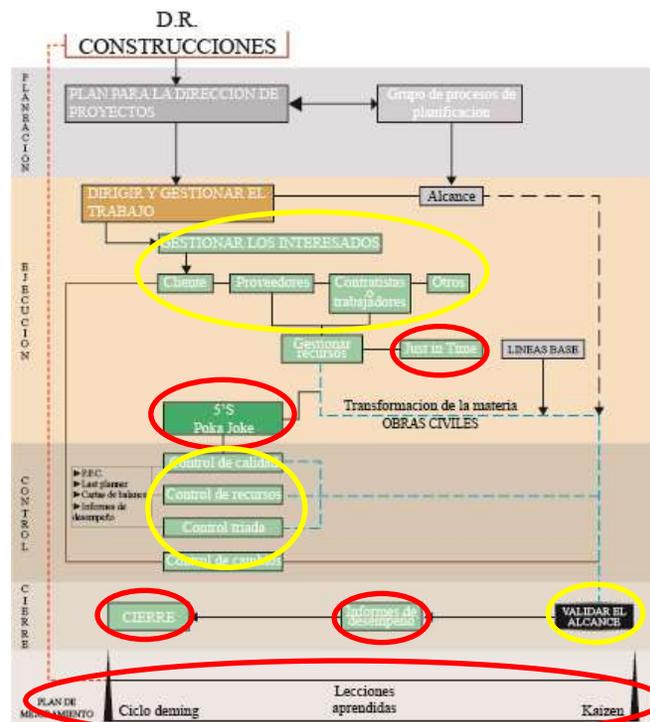
-Falta de estándares en control y seguimiento

En el siguiente punto se efectuará la implementación de los formatos y herramientas con el fin de evidenciar las mejoras en el proceso de ejecución y control.

### 5.3.2 Implementación de herramientas en el caso de estudio.

El primer paso para implementar las herramientas es introducir el workflow establecido para la ejecución y control de obras para todos los interesados que intervengan dentro de la compañía, no porque estas actividades no se ejecuten, si no para que todos los actores sepan cómo influyen dentro del desarrollo de la obra además de que todos tengan claro su papel y el proceso de cada actividad, lo anterior ayuda a estandarizar y corregir errores.

Ilustración 27 Workflow análisis a implementar



Fuente: Elaboración propia

En los círculos amarillos de evidencian las actividades que, si se realizaron dentro de la obra, pero no como herramientas claras y estandarizadas, y dentro de los círculos rojos las actividades que no se realizan y las cuales se deben implementar.

### **Mejora:**

Durante el transcurso de la obra el residente no tuvo una visión enfocada de cómo se debería guiar la obra más que la experiencia que tenía, lo cual no está mal, pero se hubieran evitado inconvenientes como repetir errores de obras pasadas, responder a los inconvenientes y soluciones para con el cliente sin esperar resultados desde gerencia u otras dependencias entre otros, es por esta razón que teniendo un workflow claro proyecta los procesos a realizar independientemente de quien dirija las actividades, al tener presente el workflow se sabe cómo actuar y cómo se comporta la obra según el proceso y la fase en la que se encuentre, a partir de lo anterior lo primero que se debió realizar fue el acta de inicio de obra, a continuación se mostrar una a una las herramientas que se pudieron haber implementado en este caso de estudio y como sus efector hubieran cambiado la visión y las decisiones sobre la obra.

### **Acta apertura de obra**

A continuación, se mostrará el formato diligenciado y las mejoras que pudo traer sobre la obra.

Ilustración 28 Acta de apertura de obra

**DR. CONSTRUCCIONES**

Fecha	4/03/2021	Version	1.0
<b>ACTA DE APERTURA DE OBRA</b>			
Proyecto	Glass Consumo	Cliente	AEI Spaces
Residente de obra	Arg. Nicolas Martin A.	Ubicación	Carrera 7 No. 113-43 piso 3
<b>Información del proyecto</b>			
<b>Programación de actividades por áreas</b>			
Se acuerda empezar por los baños para uso del personal en obra, seguidamente de los cuartos técnicos, eléctricos y de HVAC, posteriormente las oficinas del ala norte, ala oriental, ala occidental y por para finalmente realizar los closets y estíperos.			
<b>Fechas de entregas parciales</b>			
Se solicita la programación al residente de obra por parte del cliente, esto con el fin de programar cantidad de personal, programación de materiales y seguimiento de las actividades de otras especialidades que generen posibles conflictos para cumplir con los entregables y compromisos.			
<b>Fecha de entrega final</b>			
04 de junio 2020			
<b>Requerimientos y/o restricción para garantizar el trabajo</b>			
<b>Requerimientos:</b>			
1. Los soportes para aparatos eléctricos y otros dispositivos se deben instalar sin deformar la estructura original del muro ni las placas de drywall ya instaladas.			
2. La modificación de las estructuras de los muros se deben realizar con previa autorización de DR.			
3. Los cortes en los muros de mampostería y/o drywall se deben realizar con previa autorización y siguiendo los parámetros de DR.			
4. Los cambios emitidos en diseño y cantidades se deben realizar por medio de residente o través del formato de solicitud de cambios.			
5. Se deben identificar en sitio el peso de ductería y tubería que pueda afectar la estructura para realizar la modulación antes de su construcción (no se garantiza la calidad de ninguna estructura que se deba cortar por omitir este paso).			
6. Cualquier actividad adicional requiere de aprobación previa de su parte y contare con un espacio de mínima dos días para su ejecución dependiendo de disponibilidad de materiales.			
7. Después de firmado el formato de calidad y dado por entregado parcial cualquier elemento de construcción, los arreglos que se efectuen sobre dichos elementos serán cargados como arreglos o actividades adicionales.			
8. Las filas y distancias ya entregados por medio del formato de control de calidad y que sean dañados por alguna razón, serán cargados como actividades adicionales o mayores cantidades ejecutadas.			
<b>Notas y acuerdos adicionales</b>			
Se deben colocar acuerdos adicionales por las partes.			

Arg. ....

Residente de obra D.R. Construcciones

Arg. ....

Residente (Cliente)

Fuente: Elaboración propia

**Mejoras:**

Durante la ejecución de la obra se presentaron varios inconvenientes que se pudieron solucionar rápidamente con la ayuda del acta de apertura de obra, por ejemplo:

► Debido a que dentro de los muros siempre se instalan componentes técnicos de otros contratistas estos tienen que manipular la estructura metálica para instalar soportes, regularmente esos soportes no son instalados apropiadamente, esto genero que los muros se deformaran generando mala calidad en los muros y al no estar entregados ni realizar entregas parciales el costo del arreglo debe ser asumido por D.R. Construcciones, generando actividades que no agregan valor al proyecto.

► Durante la obra se generaron bastantes perforaciones en los muros para realizar actividades los cuales se tuvieron que tapar o generaron mala calidad al ser abiertos por otros contratistas, esas aperturas fueron generadas sin consentimiento y arreglarlos con la calidad necesaria fue asumido por D.R. Construcciones.

► Al no conocer la programación de obra en cuanto a las actividades que corresponden al objeto del contrato, si no esperando a que semana a semana se dieran las fechas de los entregables se produjeron días en los cuales no había suficientes trabajadores para llegar a la meta requerida, por lo cual se debió trabajar horas extras, si se hubiera tenido la programación D.R. Construcciones hubiera planificado la cantidad de personal y material conforme a las necesidades de la obra sin esperar a que el cliente solicitara más personal evitando trabajar horas extras disminuyendo la cantidad de tiempo en obra.

► Realizar esta acta de apertura mejorara las relaciones entre cliente el residente de obra de D.R. Construcciones, ya que los términos de entrega y demás actividades estarán claras desde el principio, esto generara un control y garantía no solo por parte de D.R. si no por parte del cliente para con los demás contratistas que intervengan en la obra.

### **Gestionar los recursos**

De acuerdo a lo explicado en esta herramienta anteriormente y en el diagrama de flujo de la misma, se deben tener en cuenta las restricciones para la gestión de recursos, por lo visto y ejecutado en obra, no se tuvieron en cuenta previamente las restricciones desde la instancia de planeación, esto se evidencio en el momento en que se inició ya que en el ascensor de carga no cabía el material debido a limitaciones por las dimensiones del material y el ascensor, debido a lo anterior el material se debió subir por las escaleras sin tener en cuenta

ese costo adicional, sumado a lo anterior tampoco se tuvo en cuenta la cantidad de material total ni que material se necesitaba según los entregables parciales que se solicitaban por parte del cliente. Las acciones sin planeación solo producen pérdidas o retrasos.

Las acciones para los recursos que se realizaban en obra era pedir material según se consideraba por experiencia de los operadores y el residente necesitaba en obra, este material se subió diariamente a la obra por 4 pisos requiriendo un personal específicamente para esa labor, esto generó permanencia en obra de personal innecesario haciendo actividades contributivas y generando tiempo no contributivo ni productivo después de la descarga del material, sin mencionar que el material llevado muchas veces no era necesario en ese momento y tuvo que ser movido varias veces por las limitaciones de espacio generando daños en varios materiales.

Ejecutando la herramienta just in time la cual nos dice que se debe de tener en obra solo el material necesario ni más ni menos lo primero que se debió hacer es sacar la cantidad de material total según las cantidades y diseños con el fin de presupuestar la cantidad general de material que requiere la obra y llevarlo según se requiera, a continuación, se muestra un ejemplo de dicha base de datos a continuación.



ni más ni menos y constantemente estarlo renovando, ese material corresponderá a las actividades a entregar durante las dos semanas siguientes, esto evitará que material tenga mayores permanencias en obra y se dañe.

▶ Al solicitar material para dos semanas se evitara que hallan reiterados movimientos de transportes innecesarios hacia la obra con material reduciendo costos.

▶ La obra y los trabajadores siempre tendrán el material según la planeación de las 2 semanas.

### **Control de calidad**

El control de calidad se basa en señales Kanban de progreso, estas determinaran que componentes tiene el entregable y las características a cumplir, sin embargo, estas deben estar apoyadas en los manuales de instalación generados por la herramienta Poka Yoke, estos formatos servirán para gestionar la calidad y generar entregables parciales para cada elemento en construcción, esto debido a que durante la construcción al no entregar parcialmente si no hasta que el muro esté terminado cualquier daño generado deberá ser asumido por D.R. razón por la cual al hacer entregas parciales ese producto ya pasara a ser del cliente y cualquier daño será asumido por ellos.

Ilustración 29 Ejemplo base de datos de material

Fecha	NOVEDAD	Sección	ED	
<b>SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES KANBAN</b>				
Proyecto	OSP	Cliente	AET Sparco	
Planta de obra	Alto Hondo/Planta 4	Ubicación	Carrera 7 No. 10-43 Piso 3 Torre Banning	
<b>EJEMPLO PLACON/WALL</b>				
Elemento	Muro de dry wall	IC	PD-10	
Características	Muro de dry wall de caras 15 cm ancho, perfil base 3, estándar tipo 4, 3 mm placa			
Elemento	Características a cumplir	Cumple	Firma	Firma
		SI/NO/NA	Revisado	Supervisado
<b>ESTRUCTURA</b>				
Placas	Placas de 120x180, estándar tipo 3, 10 u. 10	X		
Canchales	Canchales 3	X		
Rejas	NA		X	
Acabados	NA		X	
Formales	Tamaño estándar (V2)	X		
<b>ASLAMBENTOS/COMPLEMENTOS</b>				
Pinturas	Pinturas de 2 V2	X		
Mando acústico	NA		X	
<b>DRYWALL</b>				
Lamina 1	Lamina ST de V2	X		
Lamina 2	Lamina ST de V2	X		
<b>REF. MADERA</b>				
Ref. 1a	Reforzo en madera de 30x60	X		
Ref. Puntos de	Listón en madera de 10 cm de ancho	X		
Ref. Muebles	Ref. en madera de 20x40 cm	X		
Ref. Enchapes			X	
<b>MADRELA</b>				
Cara 1	Acabado tipo 4	X		
Cara 2	Acabado tipo 4	X		
Piso	En madera de 1"	X		
Caracteres	Distanciamiento en 7 de 10 cm	X		
Sellos	En madera en paneles sujetos a índice	X		
<b>OTROS</b>				
Equipos eléctricos	Instalados por otros contratistas en madera	X		
Equipos	Pintura blanca tipo 2	X		
<b>NOTAS DE CAMBIO</b>				
<p>Los equipos eléctricos están abriendo los canales generando imperfecciones en la cara del muro, la altura de los refuerzos para los muebles están ubicados a una altura de 180 menos desde el nivel del piso.</p> <p><small>Señalar en el momento de la revisión los inconvenientes encontrados en el sitio de obra y en el momento de la revisión los inconvenientes encontrados en el sitio de obra.</small></p>				

Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior se evidencia el formato de seguimiento de actividades Kanban el cual gestiona la calidad y las entregas parciales a conformidad del cliente, adicionalmente se podrá hacer la trazabilidad de los elementos que se dañen durante la construcción por parte de otros contratistas. En este formato también se introducirán otras características como la altura de los refuerzos en madera y se anotara cualquier inconveniente con el muro, esto generara que se encuentre la solución a los inconvenientes particulares de cada elemento y delegar la solución a quien corresponda.

Mejoras:

- ▶ Evitar pérdidas de material y mano de obra por daños de terceros antes de la entrega final.
- ▶ Control de avance de obra en calidad

- ▶ Identificar daños después de las entregas
- ▶ Identificar que se construyó según especificaciones del cliente
- ▶ Control de alcance
- ▶ Evita retrocesos y pérdidas por calidad y composición.

## **Control de recursos**

### **Personal**

El primer recurso al que se le debe realizar control es el recurso humano, durante el transcurso de la obra no se llevó a cabo ninguna toma de información o datos que se puedan utilizar de forma fidedigna, esto refleja que el control del personal solo se realiza de forma visual y por medio de la experiencia y avance en obra se identifica que tan productivo fue el tiempo de personal en obra, esto genera que durante la obra no se sepa a ciencia cierta si el tiempo que dura el personal en obra realmente sea productivo y genere peso a la cadena de valor como debería, además no existen datos para realizar ajustes o mejoramientos durante las obras.

Como se identificó anteriormente se utilizarán las cartas de balance para precisamente medir la productividad y el tiempo del personal en obra, esto ayudara a tomar decisiones de si realmente se necesita más personal en obra o si simplemente se está enfocando el tiempo de forma inadecuada haciendo los proyectos más rentables y efectivos, a continuación, se mostrará el formato de cartas de balance diligenciado.

Ilustración 30 Carta de balance

Fecha																Version	1.0	
CARTA DE BALANCE																		
Proyecto	Glaxo Consumo				Cliente	AEl Spaces				Contrato	202002-2							
Residente	Arq. Nicolas M				Ubicación	Carrera 7#113-43				Semana	4							
Contratista	Drywall DG & DR										Fecha	15/06/2021						
Horas	OPERARIOS																	
día	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	OP12	OP13	OP14	OP15	OP16	OP17	OP18
0,25	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
0,5	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
0,75	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
1	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
1,25	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
1,5	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
1,75	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
2	1	1	1	1	2	2	4	8	8									
2,25	1	1	1	1	19	19	4	8	8									
2,5	1	1	1	1	1	1	5	8	8									
2,75	1	3	1	3	1	1	5	8	8									
3	1	3	1	3	1	1	5	8	8									
3,25	1	3	1	3	1	1	5	8	8									
3,5	18	18	18	18	18	18	18	18	18									
3,75	3	3	3	3	1	1	5	8	8									
4	3	3	3	3	1	1	15	8	8									
4,25	3	19	3	19	1	1	15	8	8									
4,5	3	2	3	2	1	1	4	8	8									
4,75	3	2	3	2	1	1	4	8	8									
5	20	20	20	20	20	20	20	20	20									
5,25	20	20	20	20	20	20	20	20	20									
5,5	20	20	20	20	20	20	20	20	20									
5,75	20	20	20	20	20	20	20	20	20									
6	10	2	2	2	2	2	4	8	8									
6,25	10	2	2	2	2	2	4	8	8									
6,5	10	2	2	2	2	2	4	8	8									
6,75	10	2	2	2	2	2	4	8	8									
7	10	2	2	2	19	19	15	8	8									
7,25	2	2	2	2	1	1	4	9	9									
7,5	2	2	2	2	1	1	4	9	9									
7,75	2	1	2	1	1	1	4	17	17									
8	2	1	2	1	1	1	4	17	17									
8,25	2	1	2	1	1	1	4	17	17									
8,5	18	18	18	18	18	18	18	18	18									
8,75	1	1	1	1	2	2	4	17	17									
9	1	1	1	1	2	2	4	17	17									
9,25	1	1	1	1	2	2	4	17	17									
9,5	1	19	1	19	2	2	4	17	17									
9,75	1	15	1	15	2	2	4	17	17									
10	1	15	1	15	2	2	4	17	17									

Fuente: Elaboración propia

En la carta de balance anterior se evidencia que hay 9 operadores indicados por los termino OP y el numero registrado identificando al trabajador el cual podrá ver en la ilustración 31, así mismo se identifican las horas de trabajo cada 15 minutos, por otro lado, los numero dentro de la tabla son las actividades generadas en el periodo de tiempo, la especificación de cada tarea la podrá ver en la ilustración 31. Este ejercicio nos permite divisar que tipo de trabajo se está realizando y que valor genera en la obra, este trabajo de tomar los tiempos de trabajo se debe realizar cada día de la semana para así a final de semana y junto con los resultados arrojados con el Last Planner identificar el responsable de las actividades, el tiempo invertido y de ser el caso tomar las medidas necesarias con el fin de evitar las variables que están generando el no cumplimiento de las metas, así mismo si las metas se están

cumpliendo pero se identifican que los tiempos productivos son mucho menores que los tiempo contributivos y los no productivos, se deben tomar las acciones necesarias ya que esto indica que hay demasiado personal o personal innecesario en el proyecto, a continuación se muestra el soporte del acta de balance donde se registra la mano de obra, su cargo y las actividades identificadas que se realizan dentro de la obra.

Ilustración 31 Soporte carta de balance

Fecha					Versión	1.0
<b>CARTA DE BALANCE SOPORTE</b>						
Proyecto	Glaxo Consumo	Cliente	AEI Spaces	Contrato	202002-2	
Residente	Arq. Nicolas M	Ubicación	Carrera 7#113-43	Semana	4	
Contratista	Drywall DG & DR			Fecha	15/06/2021	
<b>ID</b>	<b>NOMBRE DEL OPERARIO/TRABAJADOR</b>		<b>CARGO</b>		<b>EMPRESA</b>	
OP1	Leonardo achury		Instalador		Drywall DG	
OP2	Alejandro Gomez		Instalador		Drywall DG	
OP3	Rafael Ramos		Ayudante		Drywall DG	
OP4	Luis Carlos Aguirre		Ayudante		Drywall DG	
OP5	Pablo Cruz		Instalador		Drywall DG	
OP6	Diego Bautista		Ayudante		Drywall DG	
OP7	Andres Acuña		Masillador		Drywall DG	
OP8	Jhon castañeda		Ayudante		DR	
OP9	Alfredo Vargas		Ayudante		DR	
OP10						
OP11						
OP12						
OP13						
OP14						
OP15						
OP16						
OP17						
OP18						
<b>ID</b>	<b>Trabajos Productivos</b>					
1	Instalacion de estructura					
2	Instalacion de frescasa					
3	Instalacion de lamina					
4	Masilla de muros					
5	Instalacion fillos					
6	Instalacion cielo rasos					
7						
<b>ID</b>	<b>Trabajos Contributivos</b>					
8	Trasiego de material					
9	Orden y aseo					
10	Mediciones					
11	Replanteos					
12						
13						
14						
<b>ID</b>	<b>Trabajos No Productivos</b>					
15	Reparaciones					
16	Reuniones					
17	Esperas					
18	Descansos					
19	Cambio de actividad					
20	Almuerzo					
21						

Fuente: Elaboración propia

Por último, se realizan los análisis semanales y se ponderan los tiempos para determinar en el periodo del last planner que actividades y personas están generando la mayor pérdida de

tiempo no productivo y ya sea por mala planeación o problemas ambientales de la obra generar los correctivos necesarios y mejorar el potencial de producción en obra sin generar mayores costos ni desperdicio de tiempo.

Mejoras:

- ▶ Control de tiempos de trabajo en obra, al ser un equipo pequeño se puede ajustar el trabajo a lo necesario, ni desperdiciar personal ni que falte, lo justo.
- ▶ Mejora de la planeación de personal y actividades.
- ▶ Identificación de pérdidas.
- ▶ Seguimiento de actividades
- ▶ Durante la obra no se le dio seguimiento al tiempo invertido del personal a las actividades, razón por la cual no hay mediciones ni se puede determinar que tan productivo fue.

### **Materiales**

Los materiales son un punto sensible, ya que consumen bastante recurso económico además de ser propenso a no ser cuidada por parte de los contratistas, durante la obra se observó que se desperdicia bastante material, ya que los retazos de lámina que sobran son descartados como basura, esto genera que se utilice más material del necesario, en este punto es difícil identificar que tanto desperdicio hubo durante la obra ya que no se tomaron registros de material y tampoco habían procesos ni herramientas para hacerlo, por lo anterior es necesario generar una base de datos donde se registre la cantidad de material que entran y sale, llevar un esta base de datos y cruzarla con los avances de obra generaran un control permanente, a continuación se muestra un ejemplo de cómo se debería llevar.

Tabla 19 Base de datos material

BASE DE DATOS CONTROL DE MATERIAL CATORCENAL											
MATERIAL	UND	FECHAS DE INGRESO			TOTAL EN OBRA	FECHAS DE SALIDA				TOTAL DE SALIDAS	TOTAL INVENTARIO
		1/02/2020	1/02/2020	1/02/2020		1/02/2020	2/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		
Lamina de drywall 1/2"	LAM	110	130	240	70	50	60	60	240	0	
parales de 3,05 cal 20	UND	70	80	150	70	30	22	20	142	8	

Fuente: Elaboración propia

Esta base de datos alimentara el cuadro de revisión de materiales para identificar que tantas perdidas sucedieron en la obra y porque, el punto de identificar el porcentaje de desperdicio es modificar las actuaciones de las obras frente a los desperdicios y aprovechamiento del material, de igual forma todos los materiales ingresados deben coincidir con el centro de costos en cuanto a los materiales comprados, a continuación, se muestra el cuadro de control de desperdicios.

Tabla 20 Análisis de consumo

ANÁLISIS DE CONSUMO DE MATERIALES							
MATERIAL	UND	TOTAL PROYECTADO	TOTAL GASTADO	INDICE DE UTILIZADO	INDICE DE DESPERDICIO	CUMPLE SI/NO	CAUSA Y OPORTUNIDAD DE MEJORA
Drywall	Lam	220	240	109%	9%	NO	no se aprovecharon adecuadamente los sobrantes unas activiades para otras.
parales de 3,05 cal 20	UND	170	142	84%	3%	SI	

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de consumo de materiales se evidencia la cantidad de material presupuestado Vs el material gastado en obra, cabe de resaltar que la cantidad de material presupuestado se debe actualizar con las cantidades reales en obra ejecutadas, con la información recogida durante la obra se calcula el porcentaje de desperdicio los cuales no deben exceder el porcentaje planteado desde la fase de planeación dependiendo de cada actividad, para este ejemplo se basó en que el porcentaje de desperdicios no podían exceder el 5%, para lo cual

es importante registrar el porqué de los desperdicios semanalmente en el Last Planner y ser registrados dentro de las lecciones aprendidas para así generar planes y propuestas de cambio a implementar en obras futuras y así disminuir los desperdicios como lo deja implícito la filosofía Lean y la herramienta de las 5'S.

Mejoras:

- ▶ Reducción de material a utilizar
- ▶ Identificación de perdidas
- ▶ Creación de historial con el cual ponderar los desperdicios en las obras según su magnitud y crear planes de atención al problema de desperdicio de material.

### **Control triada**

Para este proyecto el control económico no se tendrá en cuenta debido a las limitaciones en cuanto a la información ya que es información sensible por parte de la empresa D.R. Construcciones, es por esta razón que se llevara control sobre el tiempo y el alcance.

Para realizar el control del avance en obra se propone hacer una base de datos la cual se actualizará conforme a las medidas tomadas en los cortes y mediciones de campo, para hacer la implementación en el caso de estudio se genera un formato ejemplo que se explicará a continuación.

Como primer paso se debe desglosar cada entregable, como ejemplo se utiliza un tipo de muro dentro del proyecto GSK, el tipo de muro M-01 consta de un muro en perfilería base 9 con lamina standard por ambas caras del muro los cuales se entregan con acabado tipo 4 por

cada cara, con la información anterior se realiza una distribución de porcentajes teniendo en cuenta cada faceta de la construcción del muro en drywall, dichos porcentajes son subjetivos y corresponden al porcentaje de conformación del muro, a continuación se muestra una imagen de ejemplo para el muro en cuestión.

*Tabla 21 Porcentajes de avance*

EST_1	
Estructuras muros porcentajes	
Lamina	20%
Estructura	40%
Lamina	20%
Acabado 1	10%
Acabado2	10%
Total	100%

*Fuente: Elaboración propia*

Estos porcentajes serán usados para calcular el porcentaje de avance de los muros según las mediciones de las actividades ya realizadas en obra, para esto se es necesario también en la base de datos tener identificados todos los muros M-01 con las dimensiones inicialmente que se encuentran en los planos y cuyas medidas tendrán que ir siendo actualizadas según el cuerpo cierto de lo que se construya en obra, a continuación, se muestra dicha base de datos.

Tabla 22 Base de datos de cantidades y estructura constructiva

ID	No.	Und	Descripcion	Ancho	Alto	Area	EST.	T1	T2	A1	A2
<b>MUROS</b>											
M-01	1	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	2,64	3,7	9,768	1	1		1	1
M-01	2	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	2,69	3,7	9,953	1		1	1	1
M-01	3	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	2,97	3,7	10,989	1	1			1
M-01	5	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,32	3,7	4,884	1	1	1		1
M-01	6	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,62	3,7	2,294	1	1	1		1
M-01	8	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,42	3,7	5,254	1		1	1	1
M-01	9	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,33	3,7	4,921	1	1			1
M-01	10	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,49	3,7	5,513	1	1	1	1	1
M-01	11	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	2,24	3,7	8,288	1	1		1	1
M-01	12	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,8	3,7	2,96	1		1	1	1
M-01	13	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,93	3,7	7,141	1	1	1	1	1
M-01	14	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,62	3,7	2,294	1				
M-01	15	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	3,75	3,7	13,875	1	1	1	1	1
M-01	16	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,62	3,7	2,294	1		1	1	1
M-01	17	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,59	3,7	5,883	1	1	1	1	1
M-01	18	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,42	3,7	5,254	1	1		1	1
M-01	19	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,59	3,7	5,883	1	1		1	1
M-01	21	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,11	3,7	4,107	1	1	1	1	1
M-01	22	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,97	3,7	3,589	1		1	1	1
M-01	23	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,63	3,7	6,031	1	1	1	1	1
M-01	27	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,8	3,7	2,96	1	1		1	1
M-01	29	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,8	3,7	2,96	1	1		1	1
M-01	30	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,65	3,7	2,405	1	1	1		1
M-01	32	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,6	3,7	5,92	1	1	1	1	1
M-01	34	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,86	3,7	3,182	1	1		1	1
M-01	35	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,85	3,7	6,845	1	1	1	1	1
M-01	36	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	2,52	3,7	9,324	1	1	1	1	1
M-01	37	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	0,94	3,7	3,478	1	1		1	1
M-01	38	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	2,64	3,7	9,768	1	1	1		1
M-01	39	M2	MURO DRYWAL DE 1/2 ST DOS CARAS - M2_SIN FRESCASA_BASE 9_12CM ANCHO	1,93	3,7	7,141	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

En la base de datos que se muestra en la tabla 22 se identifica cada muro según planos y diseños por tipología, además se divide la estructura de igual manera que se divide en la tabla 18, el numero uno que se encuentra es simplemente para identificar si ya se realizó al 100% esa actividad de ese entregable, con el fin de sacar los porcentajes de avance de cada actividad.

En el cuadro que se muestra a continuación evidencia el avance de porcentaje por cada muro a entregar y se pondera la totalidad del avance, este ejercicio se debe realizar por cada entregable que se tenga en la obra para tener una trazabilidad completa del proyecto y así sacar el porcentaje exacto del avance real, la fórmula es = (( Área del muro X % de estructura)X actividad terminada, para realizar la trazabilidad del avance real con el tiempo en obra se debe sacar el % de tiempo en obra y compararlo con él % de avance real, a continuación se muestra el cuadro simulado en la base de datos como ejemplo.

Tabla 23 Tabla de porcentajes de avance de obra.

EST.	Indice de avance				Totales	
	T1	T2	A1	A2	TOTAL	TOTAL %
3,9072	1,9536	0	0,9768	0,9768	7,8144	80%
3,9812	0	1,9906	0,9953	0,9953	7,9624	80%
4,3956	2,1978	0	0	1,0989	7,6923	70%
1,9536	0,9768	0,9768	0	0,4884	4,3956	90%
0,9176	0,4588	0,4588	0	0,2294	2,0646	90%
2,1016	0	1,0508	0,5254	0,5254	4,2032	80%
1,9684	0,9842	0	0	0,4921	3,4447	70%
2,2052	1,1026	1,1026	0,5513	0,5513	5,513	100%
3,3152	1,6576	0	0,8288	0,8288	6,6304	80%
1,184	0	0,592	0,296	0,296	2,368	80%
2,8564	1,4282	1,4282	0,7141	0,7141	7,141	100%
0,9176	0	0	0	0	0,9176	40%
5,55	2,775	2,775	1,3875	1,3875	13,875	100%
0,9176	0	0,4588	0,2294	0,2294	1,8352	80%
2,3532	1,1766	1,1766	0,5883	0,5883	5,883	100%
2,1016	1,0508	0	0,5254	0,5254	4,2032	80%
2,3532	1,1766	0	0,5883	0,5883	4,7064	80%
1,6428	0,8214	0,8214	0,4107	0,4107	4,107	100%
1,4356	0	0,7178	0,3589	0,3589	2,8712	80%
2,4124	1,2062	1,2062	0,6031	0,6031	6,031	100%
1,184	0,592	0	0,296	0,296	2,368	80%
1,184	0,592	0	0,296	0,296	2,368	80%
0,962	0,481	0,481	0	0,2405	2,1645	90%
2,368	1,184	1,184	0,592	0,592	5,92	100%
1,2728	0,6364	0	0,3182	0,3182	2,5456	80%
2,738	1,369	1,369	0,6845	0,6845	6,845	100%
3,7296	1,8648	1,8648	0,9324	0,9324	9,324	100%
1,3912	0,6956	0	0,3478	0,3478	2,7824	80%
3,9072	1,9536	1,9536	0	0,9768	8,7912	90%
2,8564	1,4282	1,4282	0,7141	0,7141	7,141	100%
TOTAL					153,9089	88%

Fuente: Elaboración propia

Mejoras:

- ▶ Control exacto de avance de obra
- ▶ Esta base de datos es una entrada para realizar el control de material, realizar los cortes de obra, realizar informes de avance de obra, realizar trazabilidad en cuanto al tiempo % del tiempo ejecutado y el % real ejecutado identificando atrasos y generando planes de contingencia.
- ▶ Control de actividades realizadas
- ▶ Control de cantidades ejecutadas
- ▶ Trazabilidad del last planner que se explicara más adelante.

### **Last planner**

En la obra ejecutada se realiza un comité de obra por parte del cliente, en este comité se generan los compromisos más urgentes, cabe resaltar que la mayoría de las veces no es muy específica, es por esta razón que internamente en la empresa se debe realizar una reunión dentro de la obra que no dure más de 20 min. esto con el fin de programar todas las actividades para los siguientes 6 días identificando a cada responsable o cuadrilla responsable de la actividad, el primer paso para esto es definir los tiempos de trabajo para determinada actividad. Se realizo un ejemplo de cálculo de tiempo tomando de ejemplo el muro M-01, se desglosa por etapas de construcción y se calculó el tiempo de una cuadrilla para realizar 1M2 de este muro, a continuación, se muestra el cuadro de cálculo.

Tabla 24 Calculo de tiempos

<b>MURO EN DRYWALL SENCILLO</b>	
<b>ITEM</b>	<b>H/H_M2</b>
ESTRUCTURA	0,23
LAMINA 1 CARA	0,069
FRESCASA	0,033
TAPAS	0,023
MASILLA 1MANO	0,299
MASILLA ACABADO	0,069
LIJADO PINTADO	0,22
<b>TOTAL H/M2</b>	<b>0,943</b>

Fuente: Elaboración propia

Este cálculo se debe realizar para cada tipo de actividad, el modo de ejecutarlo puede ser por medio de juicio de expertos o por medio análogo tomando y registrando el tiempo de ejecución en obras anteriores, ya obteniendo estos datos se tiene el punto de partida para calcular los tiempos de ejecución de las actividades a realizar. Para no sobredimensionarse en los compromisos también se debe calcular hasta qué punto se pueden realizar compromiso, y es que en varias ocasiones se realizaron compromisos dentro de la obra sobredimensionando el trabajo a realizar y no alcanzando a cumplir dichos compromisos, por esta razón se calculó la cantidad de tiempo por cuadrilla no puede exceder 40 horas de trabajo teniendo en cuenta que durante el día no todos los tiempos son productivos, a continuación se muestra el cuadro de last planner.

Tabla 25 Last Planner

LAST PLANNER SEMANAL														
PROYECTO: GLAXO CONSUMO			H/C	40	FECHAS DEL LP			15/06/20 20/06/21			FECHA DE REUNION		15/06/2021	
ACTIVIDADES			PERSONAL	REALIZADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO							DESCRIPCION POR QUE?		
ID	ITEM	DESCRIPCION DE LA TAREA	CANTIDAD	UNIDAD	H/H	RESPONSIBLE	CATINDAD	PPC	FALTA MAT.	PERS. INCOM.	PRE REQ.	AJENOS	OTROS	MALA PLAN.
<b>CONSTRUCCION</b>														
1	M-01	Construccion de muro a una cara	9,768	M2	2,920632	CUAD. 1	9,768	100%	0,67174536					
2	M-01	Construccion de muro a una cara	9,953	M2	2,975947	CUAD. 1	4,9765	50%		X		X		Por las restricciones el personal esta incompleto y los proveedores tuvieron que cerrar esta semana
3	M-01	Construccion de muro a una cara	10,989	M2	3,285711	CUAD. 1	10,989	100%						
5	M-01	Construccion de muro a una cara	4,884	M2	1,460316	CUAD. 1	4,884	100%						
6	M-01	Construccion de muro a una cara	2,294	M2	0,685906	CUAD. 1	1,147	50%		X		X		Por las restricciones el personal esta incompleto y los proveedores tuvieron que cerrar esta semana
8	M-01	Construccion de muro a una cara	5,254	M2	1,570946	CUAD. 1	5,254	100%						
9	M-01	Construccion de muro a una cara	4,921	M2	1,471379	CUAD. 1	4,921	100%						
10	M-01	Construccion de muro a una cara	5,513	M2	1,648387	CUAD. 1	5,513	100%						
11	M-01	Construccion de muro a una cara	8,288	M2	2,478112	CUAD. 1	8,288	100%						
12	M-01	Construccion de muro a una cara	2,96	M2	0,88504	CUAD. 1	1,48	50%		X				Por las restricciones el personal esta incompleto y los proveedores tuvieron que cerrar esta semana
13	M-01	Construccion de muro a una cara	7,141	M2	2,135159	CUAD. 1	7,141	100%						
14	M-01	Construccion de muro a una cara	2,294	M2	0,685906	CUAD. 1	2,294	100%						
15	M-01	Construccion de muro a una cara	13,875	M2	4,148625	CUAD. 1	13,875	100%						
16	M-01	Construccion de muro a una cara	2,294	M2	0,685906	CUAD. 1	2,294	100%						
17	M-01	Construccion de muro a una cara	5,883	M2	1,759017	CUAD. 1	5,883	100%						
18	M-01	Construccion de muro a una cara	5,254	M2	1,570946	CUAD. 1	2,627	50%		X				Por las restricciones el personal esta incompleto y los proveedores tuvieron que cerrar esta semana
19	M-01	Construccion de muro a una cara	5,883	M2	1,759017	CUAD. 1	5,883	100%						
21	M-01	Construccion de muro a una cara	4,107	M2	1,227993	CUAD. 1	4,107	100%						
22	M-01	Construccion de muro a una cara	3,589	M2	1,073111	CUAD. 1	3,589	100%						
23	M-01	Construccion de muro a una cara	6,031	M2	1,803269	CUAD. 1	3,0155	50%		X				Por las restricciones el personal esta incompleto y los proveedores tuvieron que cerrar esta semana
27	M-01	Construccion de muro a una cara	2,96	M2	0,88504	CUAD. 1	2,96	100%						
29	M-01	Construccion de muro a una cara	2,96	M2	0,88504	CUAD. 1	2,96	100%						
30	M-01	Construccion de muro a una cara	2,405	M2	0,719095	CUAD. 1	2,405	100%						
<b>TOTAL META</b>			<b>129,5</b>	<b>M2</b>	<b>38,7205</b>	<b>CUAD. 1</b>	<b>116,254</b>	<b>89%</b>	<b>CALIFICACION HSSQ</b>	<b>No. llamados</b>	<b>3</b>	<b>25%</b>	<b>Se llamo la atencion 2 veces por uso de casco, Op,2 por uso de guantes</b>	
32	M-01	Construccion de muro a una cara	5,92	M2	1,77008	CUAD. 2	5,92	100%						
34	M-01	Construccion de muro a una cara	3,182	M2	0,951418	CUAD. 2	1,591	50%		X				Por las restricciones el personal esta incompleto
35	M-01	Construccion de muro a una cara	6,845	M2	2,046655	CUAD. 2	6,845	100%						
36	M-01	Construccion de muro a una cara	9,324	M2	2,787876	CUAD. 2	4,662	50%		X	X			Por las restricciones el personal esta incompleto, trabajos electricos incompletos
37	M-01	Construccion de muro a una cara	3,478	M2	1,039922	CUAD. 2	1,739	50%		X	X			Por las restricciones el personal esta incompleto, trabajos electricos incompletos
38	M-01	Construccion de muro a una cara	9,768	M2	2,920632	CUAD. 2	9,768	100%						
39	M-01	Construccion de muro a una cara	7,141	M2	2,135159	CUAD. 2	3,5705	50%		X	X			Por las restricciones el personal esta incompleto, trabajos electricos incompletos
1	M-03	Construccion de muro a una cara	5,957	M2	1,781143	CUAD. 2	2,9785	50%		X				Por las restricciones el personal esta incompleto
2	M-03	Construccion de muro a una cara	5,957	M2	1,781143	CUAD. 2	2,9785	50%		X				Por las restricciones el personal esta incompleto
3	M-03	Construccion de muro a una cara	11,396	M2	3,407404	CUAD. 2	5,698	50%		X				Por las restricciones el personal esta incompleto
4	M-03	Construccion de muro a una cara	4,218	M2	1,261182	CUAD. 2	2,109	50%		X	X			Por las restricciones el personal esta incompleto, trabajos electricos incompletos
5	M-03	Construccion de muro a una cara	16,835	M2	5,033665	CUAD. 2	8,4175	50%						
6	M-03	Construccion de muro a una cara	16,835	M2	5,033665	CUAD. 2	8,4175	50%			X			trabajos electricos incompletos
7	M-03	Construccion de muro a una cara	4,625	M2	1,382875	CUAD. 2	2,3125	50%			X			trabajos electricos incompletos
8	M-03	Construccion de muro a una cara	9,916	M2	2,964884	CUAD. 2	4,958	50%			X			trabajos electricos incompletos
9	M-03	Construccion de muro a una cara	8,806	M2	2,632994	CUAD. 2	8,806	100%						
<b>TOTAL META</b>			<b>130,203</b>	<b>M2</b>	<b>38,930897</b>	<b>CUAD. 2</b>	<b>80,771</b>	<b>71%</b>	<b>CALIFICACION HSSQ</b>	<b>No. llamados</b>	<b>1</b>	<b>8%</b>	<b>Op,3 por uso de guantes</b>	
<b>TOTAL</b>								<b>80%</b>	<b>PORCENTAJE DE AVANCE REAL PRODUCIDO DURANTE ESTE PERIODO</b>					

Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior del ejemplo de last planner que se realizó, se introdujeron las cantidades a realizar según la tipología del muro y el numero con el fin de tener una identificación clara en los planos, así mismo se multiplico la cantidad en M2 de cada ítem por los valores generados en la tabla 24, esto arrojo el tiempo estimado de duración de cada cuadrilla en esa actividad y así mismo se asignaron las cuadrillas en obra completando un tiempo inferior a 40 horas de trabajo, esto genera que no se realicen compromisos que no se podrán cumplir.

Por otro lado se debe identificar por medio de mediciones en obra la cantidad ejecutada para obtener el porcentaje de cumplimiento de cada actividad, todas los porcentajes de cumplimiento de cada actividad son totalizadas por cuadrilla generando un porcentaje total para obtener un PPC ( porcentaje de partes cumplidas) lo cual indica si dicha cuadrilla cumplió con los objetivos semanales identificando en la causa de no cumplimiento de cada actividad con el fin de generar acciones correctivas inmediatas y no generar atrasos en obra, a continuación se muestran un cuadro ejemplo de la aceptación de porcentajes.

*Tabla 26 Porcentajes de aceptación*

<b>% DE ACEPTACION</b>	
Exelente	<b>80-100%</b>
Regular	<b>65-79%</b>
Mal	<b>0-64%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Estos porcentajes de aceptación mostrados son determinados desde la fase de planeación, si los porcentajes se encuentran en naranja quiere indicar que el cumplimiento de los objetivos estuvo muy bajo, por lo cual se deben realizar correcciones y subir el porcentaje ya que esta

calificación al final de la obra será determinante para continuar contando con los contratistas y personal en obra, por otro lado si está en color rojo es bastante preocupante ya que el PPC ya es extremadamente bajo a lo cual se deben tomar medidas urgentes y determinar las causas de dichos resultados, las causas de incumplimiento se deben registrar en las lecciones aprendidas.

### **Control de cambios**

Durante el transcurso se generó un cambio dentro de la obra, este cambio se debió a que se instalaría una espuma acústica sobre toda la placa a la vista, esto no fue posible ya que en las pruebas realizadas para instalar dicho material el acabado no era el deseado por el cliente, por esta razón se cambió la espuma por un nuevo diseño de nubes en drywall sobre los puestos de trabajo. En el proceso de este cambio simplemente se acogió la orden y se envió cotización, el problema es que no se analizó los inconvenientes y restricciones sobre este cambio, esto generó que aparte de D.R. se retrasaran algunas actividades y sin el cliente tener en cuenta las afectaciones que este cambio y adición generaría dentro de la empresa, por lo anterior se debió trabajar horas extras no cotizadas dentro del cambio descrito fundando contratiempos no solo en obra si no de índole económica, a continuación se muestra un acta de control de cambios, de la solicitud en mención.

Ilustración 32 Acta de cambios

Fecha	20/07/2021				Version	1.0
ACTA DE CAMBIOS						
Proyecto	GSK	Cliente	AEI Spaces	Contrato		
Residente	Arq. Nicolas Martin A.	Director de proyecto	Carrera 7 No. 113-43 Piso 3 T. Samsung			
DESCRIPCION DEL CAMBIO						
Nombre ordenador del gasto				Fecha solicitud	20/07/2021	
Cargo	Director de proyecto	Area			No. de Solicitud	C-01
Tipo de cambio						
cantidades	Materiales	Maquinaria	Diseño	Presupuesto	Cronograma	Contractual
	X		X			
Descripcion del cambio				Riesgos asociados con el cambio		
Cambio de revestimiento acustico en placa debido a la dificultad en la instalacion Item MCR10037, debido a lo anterior se instalaran unas nubes en drywall segun diseño entregado, estas nubes se descargaran por medio de guayas y constaran de drywall exsound y cenefa en lamina ST con tapa de 15 cm que sube a cubrir la estructura.				Atraso en actividades dentro del cronograma, prerequisites electricos para culminar actividades, Disponibilidad de lamina Exsound,		
PLAN PARA EL MANEJO DEL CAMBIO						
Actividades	Responsable	Fecha	Proceso			
Adquisicion materiales	DR. Construcciones	20/07/2021	Identificar a los proveedores de lamina Exsound para ver disponibilidad en stock y fechas de entrega			
Prerequisitos	AEI Spaces	24/04/2021	Entrega de las actividades necesarias para la instalacion de las nubes se encuentre al dia para no generar atrasos			
Inico	DR. Construcciones	24/04/2021	Inicio de las actividades con respecto a las nubes, iniciando por el costado oriental, Segun se atiendan las actividades anteriores			
Entrega	DR. Construcciones		Se entregara las nubes 15 dias laborales desde su inicio si no hay interrupciones ni contratiempos externos			
APROBACION DEL CAMBIO						
Nombre de quien aprueba el cambio (Ordenador gasto)				Cargo		
Nombre del responsable del seguimiento del cambio				Cargo		

Firma Ordenador del gasto

Firma Responsable

Fuente: Elaboración propia

En este formato se evidencia que tipo de cambio se generará, así mismo se identifica la causa del cambio y los efectos positivos o negativos que este efectuará en el proyecto. Es importante registrar este formato ya que esta simple acción dejara los términos del cambio claros para las partes, evitando falsas expectativas y errores de comunicación, así mismo se debe describir el paso a paso de cada actividad dentro del cambio que se efectuar, tiempos, restricciones, quien aprueba y monitoreara dicho cambio.

Mejoras:

- Evita problemas de comunicación

- ▶ Aclara los términos de cualquier cambio.
- ▶ Actualiza el alcance
- ▶ Aclara compromisos y prerrequisitos
- ▶ Actualiza el control de materiales

## **5'S**

Las cinco eses, más que un formato y procedimientos es una filosofía, esta debe ser aplicada no solo al residente de obra sino a todo el equipo de trabajo, en la ejecución de obra las más relevantes son Limpieza (Seiso) y Orden (Seiton), esto debido a que la limpieza genera que no se desperdicie material innecesario, se pueda trabajar cómodamente, evita riesgos de seguridad para los trabajadores y se reducen los daños en las áreas de construcción. Por otra parte, el orden genera mejor planeación, rendimiento, control de materiales y el daño en los mismos. Estos dos principios se deben llevar dentro la ejecución de obras como prioridad, a continuación, se muestran algunas fotos de la obra GSK en cuanto a la falta de organización y limpieza.

Ilustración 33 Registro fotográfico de obra



Ilustración 34 Registro fotográfico de obra



Ilustración 35 Registro fotográfico de obra



Ilustración 36 Registro fotográfico de obra



Fuente: DR. Construcciones

## **Cierre del proyecto**

La fase de cierre del proyecto no se realiza formalmente, simplemente con el pago del acta final se da por entendido que el proyecto termino, sin embargo, documentalmente no se realiza, por esta razón se realiza utiliza la siguiente acta de cierre, a partir del momento de la firma de este no se dispondrá mas personal para el proyecto, esta acta de cierre se encuentra en los anexos.

## **Lecciones aprendidas**

Durante el proyecto se presentaron varios incidente los cuales no fueron registrados, en la descripción de la herramienta se identifican sus bondades y las razones para su implementación, durante el transcurso de la obra se presentaron varios inconvenientes que se hubieran podido evitar o resolver de mejor manera por medio de las lecciones aprendidas, una de los inconvenientes que se pudo evitar o planear de mejor manera, este incidente fue el trasiego de materiales, recurrentemente al inicio de las obras se evidencian restricciones debido a que los ascensores de carga no están habilitados o no son lo suficientemente grandes para los trasiegos, al llegar inicialmente al lugar de la obra se evidencia que en la planeación no se evidenciaron dichos aspectos para el trasiego y durante toda la obra se realizaron trasiegos casi que diariamente a lo cual el personal destinado a trasiegos tuvo mas de 3 horas no productivas generando desperdicios de tiempo costos.

Este problema en particular por ejemplo, se pudo evitar o mitigar si se hubiera realizado un ciclo Deming de lecciones aprendidas desde obras anteriores, como parte de este ejercicio se realizo el formato de lecciones aprendidas y se plante la solución mas acorde a dicha

restricción ya que durante la obra no se realizó ninguna acción para mitigar los efectos de no haber realizado una acción preventiva sobre la restricción, a continuación se muestra el formato de lecciones aprendidas a el cual se le aplicara el ciclo Deming para futuros proyectos.

Ilustración 37 Acta de lecciones aprendidas

Fecha					Versión	1.0
<b>LECCIONES APRENDIDAS</b>						
Proyecto	GSK	Cliente	AEI Spaces	Contrato	202002-2	
Quien reporta	Arq. Nicolas Martin Acosta					
<b>Area de la leccion</b>	Gerencia	Compras	Diseño	Obra	Compras	otras
otra				X		
<b>Descripcion de lo ocurrido</b>						
Se evidencio que el material como laminas y perfilera metalica no puede ser trasegado en el ascensor por lo cual se debe trasegar por las escaleras, esto se evidencio que genera gran perdida de tiempo productivo, de igual forma se evidencio que se sobre pidio material por lo cual hay material con mas de un mes que no ha sido utilizado y se esta dañando por los constantes movimientos del mismo.						
<b>Solucion implementada</b>						
Como solucion a este problema, se realizo un plan de suministro de materiales, este correspondia en ingresar material para el trabajo de 2 semanas, este ingreso se realizo todos los sabados aprovechando que se trabaja unicamente medio dia, para el ingreso de suficiente material se solicito cada 15 dias los dias sabados apoyo de personal, por otro lado se solicita el material que se utilizara especificamente en esas dos semanas evitando permanencias de material mas de lo necesario,						
<b>Leccion aprendida y sugerencias</b>						
Como leccion aprendida se recomienda identificar este tipo de restricciones desde la parte de planeacion y cotizacion de los proyectos, asi mismo se deben realizar ajustes desde el departamento de construccion para implementar el analisis de restricciones y realizar los ajustes necesarios para evitar perdidas y cometer este mismo error en futuras obras.						
<b>Clasificacion según area del conocimiento y grupo de procesos</b>						
	Inicio	Planeacion	Ejecucion	Monitoreo y control	Cierre	
Alcance		X				
Cronograma						
Costos						
Calidad				X		
Recursos		X	X	X		
Comunicaciones			X			
Riegos						
Adquisiciones		X	X			
Interesados						

Fuente: DR. Construcciones

Esta lección aprendida se debe ingresar dentro del ciclo Deming y socializar con todos los interesados dentro de la compañía, de igual forma esta herramienta se debe repetir constantemente con todos los problemas que se presenten en la obra y así mejorar cada proceso dentro de la compañía.

### 5.3.3 Análisis de los resultados

#### **Como se responde a la pregunta de investigación**

La formulación de las estrategias entre la guía PMBOK y la filosofía Lean Construction para mejorar el control durante los procesos constructivos y reducir errores en las empresas PYMES particularmente en el caso de estudio de este proyecto, proporciona una visión clara de la ruta a seguir durante la ejecución de las obras, esto con el fin de generar mayor crecimiento empresarial, mejor comunicación interna y externa, mejorar la productividad, evitar errores y reprocesos enfocando los esfuerzos de la empresa en ofrecer gran calidad, todo esto por medio de la formulación y ejecución de las herramientas desarrolladas a través de este documento.

Adicionalmente se pudo evidenciar que dentro de esta línea de investigación no se encuentra bastante literatura en cuanto a la fusión de herramientas, esto abre un margen de investigación bastante interesante en cuanto a como se complementan diferentes metodologías para un mismo propósito.

### **Aporte de los resultados a la gerencia de obra**

Dentro de la gerencia de proyectos se proponen estrategias en los campos de estudio en planeación, control, ejecución, cierre, lecciones aprendidas entre otros, todo esto siempre dentro de los márgenes de alguna metodología en general, como especialista e investigador se plantean alternativas en la fusión de diferentes herramienta de diferentes metodologías con el fin de implementar siempre las mejores alternativas de acuerdo a los requerimientos y necesidades de la empresa en cuestión, en este caso la empresa D.R. Construcciones.

#### 5.3.4 Estrategias de comunicación

- ▶ Entrega del presente documento en físico y digital ante la universidad y la empresa de caso de estudio D.R. Construcciones.
- ▶ Sustentación del proyecto de investigación por medio de exposiciones ante la universidad y la empresa del caso de estudio.

## 6 CONCLUSIONES

► Las metodologías y herramientas para la gestión de proyectos se han desarrollado generalmente de por separado, es decir, la metodología del PMI se implementa solo bajo los lineamientos aprobados por dicha organización, lo mismo sucede con metodologías como LEAN, PRINCE, SCRUM etc, en el desarrollo de este proyecto se logro extraer herramientas y bases para generar una estrategia especifica y adaptada para el control de obras en empresas PYMES, las estrategias acá planteadas omitieron los pasos, documentación, herramientas que no son ejecutables en estas empresas por las dimensiones de la misma, esta clasificación de herramientas de diferentes metodologías se realizó por medio de juicio de expertos a través de encuestas enfocando las preguntas y visión de los encuestados a que las herramientas a evaluar eran para pequeñas y medianas empresas teniendo muy presente las fases de ejecución y control. Como resultado se obtuvieron las puntuaciones para direccionar las herramientas más apropiadas las cuales se plasmaron en el flujograma de metodología el cual da una visión general del recorrido que realiza el proyecto dentro de la empresa, este flujograma fue diseñado específicamente para la empresa DR. Construcciones el cual también puede ser adaptado a las necesidades de otras compañías.

► Debido a que DR. Construcciones es una empresa de crecimiento por experiencia y no por gestión a través de metodologías, se realizó un estudio de la empresa por medio de la herramienta diagnostico Lean en la cual por medio de encuesta a los gerentes de la empresa permitió evidenciar un buen manejo de la empresa, pero se resalto la oportunidad de mejoramiento en diferentes aspectos, sobre todo en lo referente a la ejecución de obras,

control y plan de mejoramiento, de igual forma se identifico que en los procesos de ejecución de proyectos no se toman datos de interés para la medición de éxito de los proyectos, por lo cual es difícil medir los efectos generados por las estrategias de gestión propuestas más allá de la especulación por falta de datos, esto da como punto de partida que la implementación de las herramientas propuestas en este documento sean el inicio de esa recolección de datos históricos con los cuales se pueda generar datos de medición y poder evidencia de forma cuantitativa y cualitativa los efectos de la implementación de la estructura de control y ejecución de proyectos acá propuesta.

► Teniendo en cuenta la baja implementación de metodologías de gestión en las empresas PYMES, se logró implementar estrategias de control y ejecución de obras utilizando herramientas de dos diferentes metodologías, las herramientas utilizadas se clasificaron por etapas de desarrollo como diagnóstico, planeación, ejecución, control, cierre y plan de mejoramiento, esto permitió que las herramientas se complementaran entre si sin generar conflicto por tener objetivos similares.

► Por medio del diagnóstico Lean se determinó las áreas de mejora en la ejecución y control de obras en la empresa D.R. Construcciones con ayuda de los mismos gerentes de la compañía evidenciando falencias no por la carencia de conocimiento si no por la falta de estandarización y utilización de herramientas para potencializar cada recurso de la empresa y así mejorar los resultados de la compañía en obra.

► Uno de los temas más importantes y poco resaltados en las empresas PYMES es la

evaluación de restricciones y los beneficios que estas conllevan en la planeación y ejecución, esto se evidencio durante el diagnostico Lean ya que no se evidencio ningún tipo de evaluación de los aspectos ambientales internos y externos que afecten al proyecto, esto genera bastantes desviaciones en los proyectos, razón por la cual dentro del flujograma se insertan herramientas como las 5's y el just in time que ayudan a identificar y planear la mejor ruta para el desarrollo de proyectos en ejecución.

► La falta de implementación de herramientas genera poca estandarización y deja la puerta abierta a consideraciones propias de los profesionales que estén coordinando los proyectos en obra, es por esta razón que a través de las herramientas de la metodología Lean y la guía PMBOK se establecen las mejores prácticas para la ejecución y control de obras en las empresas PYMES enfocándose particularmente en el caso de estudio, los tipos de estandarización mínimos para el control y ejecución de obras que se recomienda a la empresa DR. Construcciones implementar quedan expuestos en los formatos de control de calidad, recursos y cambios apoyados igualmente en la toma de datos necesarios para la evaluación del proyecto como las cartas de balance y las bases de datos generadas en las herramientas de last planner y partes cumplidas.

► Por último se recomienda realizar un plan de mejoramiento no solo para identificar las fallas y las oportunidades de mejora si no para generar un ciclo de mejoramiento de las herramientas que se implementan en las PYMES, según el antecedente del problema las pequeñas y medianas empresas pierden bastantes oportunidades de crecimiento y dinero no solo por no implementar herramientas de gestión y estandarización si no por no realizar

actualizaciones continuas a sus sistemas de gestión y es por esta razón que los programas de mejora continua son muy necesarios, desafortunadamente dentro de la compañía DR. Construcciones no se lleva ningún registro histórico detallado de los problemas o mejoras realizadas por lo cual no se puede medir el impacto positivo que estos planes de mejoramiento pudieran tener dentro de la compañía.

## **7 NUEVAS ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo realizado refuerza los conocimientos en la fusión de diferentes metodologías la cual es un área poco explorada, así mismo deja la puerta abierta a la introducción de otras metodologías ágiles como SCRUM la cual es usada bastante en el área de tecnología y pueden ser adaptadas en los proyectos de construcción fusionándola con las metodologías usadas actualmente. Ya que este proyecto se basó en las estrategias para la control y ejecución de obras queda una línea abierta para la creación de fases de planeación utilizando diferentes metodologías para empresas PYMES teniendo como base el presente documento.

Adicionalmente se puede realizar una investigación basada en las estrategias expuestas en este proyecto de grado, identificando los posibles resultados pudiendo recopilar los datos necesarios para así identificar de forma cuantitativa las diferencias entre el método tradicional de ejecución y control de obras y las nuevas metodologías.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Revista Dinero, «Ranking de las mayores Pymes del país,» 2019.
- [2] Diaro La Republica, «El papel de la construcción en el crecimiento,» *La Republica*, 2019.
- [3] V. C. Mendosa, «El sector edificador rompería tendencia y crecería 2% en 2020,» *El tiempo*, 2020.
- [4] Diario el espectador, «¿Cuál es la mayor preocupación de las pymes? La competitividad,» 2018.
- [5] Congreso de larepublica, «Ley 905,» vol. 2004.
- [6] «Mayoría de las constructoras son pymes,» *Revista Dinero*, 2014.
- [7] Universidad Externado de Colombia, «Blog de derecho de los negocios,» 31 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://dernegocios.uexternado.edu.co/negociacion/2018-el-ano-en-que-mas-de-48-000-empresas-se-quebraron-en-todo-el-pais/>.
- [8] Portafolio, «En Colombia se crearon 328.237 empresas en 2018,» 2019.
- [9] Project Managment Institute, El alto costo de un bajo desempeño, 2016, p. 5.
- [10] Universidad Externado de Colombia, 2020. [En línea]. Available: <https://www.uexternado.edu.co/administracion-de-empresas/razones-por-las-que-profesionales-colombianos-interesados-en-la-gerencia-de-proyectos-deben-obtener-la-certificacion-pmp/>. [Último acceso: 18 Marzo 2020].
- [11] El tiempo, «'Lean Construction' va en 18 empresas,» 2015.
- [12] Real Academia Española, «Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed,» 2020. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/estrategia>.
- [13] Project Management Institute, Inc, A Guide to the Project Managment Body of Knowledg, Newtown Square, Pennsylvania, 2017.
- [14] J. M. S. Losada, «Modelos de gestion de proyectos,» *DYNA - Ingeniería e Industria*, vol. 87, Marzo 2012.
- [15] Lean Construction Journal, «Site implementation and assessment of lean,» vol. 2, 2005.
- [16] G. B. & G. Howell, «Lean project management,» *Building Research & Information*, 2003.
- [17] I. C. S. jimenez, «Sociedades mercantiles en Colombia, breve historia,

desarrollo y tendencias actuales. Una perspectiva desde el derecho comparado.,» *Universidad Catolica de colombia*, 2017.

- [18] Congreso de la republica, «Decreto 410,» 1971.
- [19] Congreso de colombia, «Ley 50,» 1990.
- [20] Congreso de la republica, «Ley 590,» 2000.
- [21] Corte constitucional, Ley 905 de 2004, 2004.
- [22] Congreso de la Republica, Ley 400, 1997.
- [23] Presidencia de la republica, Decreto 926, 2010.
- [24] Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, «Decreto 945,» 2017.
- [25] Ministerio de trabajo y seguridad en el trabajo, Resolucion 2400, 1979.
- [26] Ministerio del medio ambiente, «Resolucion 472,» 2017.
- [27] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979.
- [28] Alcaldía de Bogota, «Decreto 586,» 2015.
- [29] R. S. Ivete Rodríguez, «Project Management Office: Theory and praxis,» *Espacios*, vol. 23, 2003.
- [30] M. A. C. Cubillos, «Análisis de mejoramiento de los capitulos PMI a traves de metodologia LEAN en el sector de la construccion,» *Universidad militar Nueva Granada*, 2015.
- [31] J. Southern, «Smart construction,» 2016.
- [32] L. V. Socconini, *Lean Manufacturing: paso a paso*, Alfaomega Marge Books, 2008.
- [33] P. W. López, «LA TEORÍA DE RESTRICCIONES,» *Academia* , vol. Año 1 , nº Nº 2, 2002.
- [34] J. F. P. Achell, *Introduccion a Lean construction*, Fundación Laboral de la Construcción, 2014.
- [35] F. C. Romero, «Poka Yoke,» Universidad Politecnica de Valencia, 2014. [En línea]. Available: <https://media.upv.es/#/portal/video/626b6cdd-5102-4c5d-8c6b-04a3dff0076f>. [Último acceso: 2020].
- [36] J. R. V. Arto, *Fundamentos del Lean Manufacturing*, Nota Técnica 3.01, EOI Escuela de Organización Industrial, 2015.
- [37] W. E. Deming, *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*, Madrid,España: Editorial de Santos S.A., 1989.
- [38] A. Manos, "The Benefits of Kaizen and Kaizen Events," *Quality Progress*, vol. 40, no. 2, pp. 47-48, 2007.
- [39] E. P. A. Luis Fernando Alarcón Cárdenas, «Un nuevo enfoque en la gestión: A new management focus: lean construction,» *Revista de Obras Públicas*, vol. 3.496, p. 52, 2009.
- [40] O. M. Salem, "Site implementation and assessment of lean construction techniques.," *Lean Construction Journal*, vol. 2, no. 2, 2005.

## 9 ANEXOS

### 1. Formato acta de apertura de obra

	
Fecha	Version 1.0
<b>ACTA DE APERTURA DE OBRA</b>	
Proyecto	Cliente
Residente de obra	Ubicación
<b>Información del proyecto</b>	
Programación de actividades por áreas	
Fechas de entregas parciales	
Fecha de entrega final	
<b>Requerimientos y/o restricción para garantizar el trabajo</b>	
<p><i>En este espacio se deberán colocar las solicitudes que se realizarán al cliente para el seguimiento de estas con el fin de garantizar una correcta instalación y construcción de las actividades contratadas y que se ejecutaran por parte de la empresa DR Construcciones.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los soportes para aparatos eléctricos y otros dispositivos se deben instalar sin deformar la estructura original del muro</li> <li>2. La modificación de las estructuras de los muros se deben realizar con previa autorización de la empresa.</li> <li>3. Los cortes en los muros de mampostería y/o drywall se deben realizar con previa autorización y siguiendo los parámetros de la empresa.</li> <li>4. Los cambios emitidos en diseño y cantidades se deben realizar por medio de residente a través del formato de solicitud de cambios</li> <li>5. Se deben identificar en sitio el paso de ductería y tubería que pueda afectar la estructura para realizar la modulación antes de su construcción (no se garantiza la calidad de ninguna estructura que se deba cortar por omitir este paso).</li> <li>6. Cualquier actividad adicional requiere de aprobación previa de su parte y contará con un espacio de mínimo dos días para su ejecución dependiendo de disponibilidad de materiales.</li> </ol> <p><i>cualquier requerimiento que necesite para la protección de la calidad y trabajo a realizar.</i></p>	
<b>Notas y acuerdos adicionales</b>	
<hr style="width: 100%;"/> Arq. .... Residente de obra D.R. Construcciones	<hr style="width: 100%;"/> Arq. .... Residente (Cliente)



3. Formato cartas de balance



Fecha																	Version	1.0	
CARTA DE BALANCE																			
Proyecto								Cliente						Contrato					
Residente								Ubicación						Semana					
Contratista											Responsable								
Horas	OPERARIOS																		
	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	OP12	OP13	OP14	OP15	OP16	OP17	OP18	
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50																			
51																			
52																			
53																			

4. Formato de soportes cartas de balance



Fecha			Versión	1.0
CARTA DE BALANCE_SOPORTE				
Proyecto		Cliente		Contrato
Residente		Ubicación		Semana
Contratista			Responsable	

ID	NOMBRE DEL OPERARIO/TRABAJADOR	CARGO	EMPRESA
OP1			
OP2			
OP3			
OP4			
OP5			
OP6			
OP7			
OP8			
OP9			
OP10			
OP11			
OP12			
OP13			
OP14			
OP15			
OP16			
OP17			
OP18			

ID	Trabajos Productivos
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

ID	Trabajos Contributivos
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

ID	Trabajos No Productivos
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	

5. Formato corte de obra

		<b>D.R. CONSTRUCCIONES</b>																							
PROYECTO			CLIENTE		CONTRATO		FECHA																		
CONSTRUCTOR				PLAZO																					
<b>CORTE DE OBRA</b>																									
CONTRATISTA					NIT:		CORTE DE OBRA No 01																		
ITEM	ID	EXCAVACIONES Y ESTABILIZACION DE SUELOS	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	CANTIDAD	V/ TOTAL																		
			M3																						
			M3																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">COSTO DIRECTO</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ADMINISTRACION (A)</td> <td style="text-align: center;">5%</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IMPREVISTOS (I)</td> <td style="text-align: center;">5%</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IMUTILIDAD(U)</td> <td style="text-align: center;">5%</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IVA</td> <td style="text-align: center;">19%</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTAL</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> </table>							COSTO DIRECTO			ADMINISTRACION (A)	5%	\$ -	IMPREVISTOS (I)	5%	\$ -	IMUTILIDAD(U)	5%	\$ -	IVA	19%	\$ -	TOTAL		\$ -	
COSTO DIRECTO																									
ADMINISTRACION (A)	5%	\$ -																							
IMPREVISTOS (I)	5%	\$ -																							
IMUTILIDAD(U)	5%	\$ -																							
IVA	19%	\$ -																							
TOTAL		\$ -																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">RETEGARANTIA</td> <td style="text-align: center;">10%</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AMORTIZACION ANTICIPO</td> <td style="text-align: center;">30%</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTAL A PAGAR</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> </table>							RETEGARANTIA	10%	\$ -	AMORTIZACION ANTICIPO	30%	\$ -	TOTAL A PAGAR		\$ -										
RETEGARANTIA	10%	\$ -																							
AMORTIZACION ANTICIPO	30%	\$ -																							
TOTAL A PAGAR		\$ -																							
<p>Valor a pagar del presente corte:</p>																									
ELABORA				APRUEBA																					
RESIDENTE DE OBRA				DIRECTOR DE PROYECTO																					
REVISAR				CONTRATISTA																					
DIRECTOR OBRA				REPRESENTANTE LEGAL																					

6. Formato de lecciones aprendidas



Fecha				Versión	1.0
<b>LECCIONES APRENDIDAS</b>					
Proyecto	GSK	Ciente	AEI Spaces	Contrato	202002-2
Quien reporta	Arq. Nicolas Martin Acosta				
Area de la leccion	Gerencia	Compras	Diseño	Obra	Compras
otra				X	
<b>Descripcion de lo ocurrido</b>					
<b>Solucion implementada</b>					
<b>Leccion aprendida y sugerencias</b>					
<b>Clasificacion según area del conocimiento y grupo de procesos</b>					
	Inicio	Planeacion	Ejecucion	Monitoreo y control	Cierre
Alcance					
Cronograma					
Costos					
Calidad					
Recursos					
Comunicaciones					
Riegos					
Adquisiciones					
Interesados					

7. Formato de seguimiento de actividades



Fecha				Version	1.0	
<b>SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES KANBAN</b>						
Proyecto			Cliente			
Residente de obra			Ubicación			
EJEMPLO_MURO DRYWALL						
Elemento				ID		
Características						
<b>ESTRUCTURA</b>						
Elemento	Características a cumplir	Cumple			Firma Residente	Firma Supervisor
		SI	NO	N/A		
<b>ESTRUCTURA</b>						
Parales	Parales de 3,60 ML distanciados cada 0,40					
Riostras						
Andines						
Tornilleria						
<b>AISLAMIENTOS/COMPLEMENTOS</b>						
Frescasa						
Manto acustico						
<b>DRYWALL</b>						
Lamina 1						
Lamina 2						
Lamina 3						
Lamina 4						
<b>REF.MADERA</b>						
Ref. Tv.						
Ref. Puertas.						
Ref. Muebles.						
Ref. Enchapes.						
<b>MASILLA</b>						
Cara 1						
Cara 2						
Filos						
Dilataciones						
Sellos						
<b>OTROS</b>						
Soportes electricos						
pintura						
<b>NOTAS O CAMBIOS</b>						
<p>La ubicacion y elevacion de los soportes electricos son marcadas por el cliente en obra, razon por la cual es responsabilidad de ellos dar la informacion correcta y oportuna, las actividades firmadas se dan como entregadas a satisfaccion.</p>						